



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

TESE

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE
MELANCIEIRA SOB EFEITOS DA SALINIDADE HÍDRICA, COBERTURA
MORTA E ADUBAÇÃO POTÁSSICA**

FRANCISCO THIAGO COELHO BEZERRA

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA



ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE
MELANCIEIRA SOB EFEITOS DA SALINIDADE HÍDRICA, COBERTURA
MORTA E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

FRANCISCO THIAGO COELHO BEZERRA

Sob a Orientação do Professor

Walter Esfrain Pereira

e Coorientação do Professor

Ítalo Herbert Lucena Cavalcante

Tese submetida como requisito para obtenção
do grau de **Doutor em Agronomia**, no
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Areia, PB

Fevereiro de 2017

*Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos da
Biblioteca Setorial do CCA, UFPB, Campus II, Areia – PB.*

- B574a Bezerra, Francisco Thiago Coelho.
Atributos químicos do solo, fisiologia, nutrição e produção de melancia sob efeitos da salinidade hídrica, cobertura morta e adubação potássica / Francisco Thiago Coelho Bezerra. - Areia: UFPB/CCA, 2017.
xxiv, 194 f.: il.
- Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.
Bibliografia.
- Orientador: Walter Esfrain Pereira.
1. Fertilidade do solo – Adubação potássica 2. Melancia – Água salina 3. Citrullus lanatus – Qualidade de frutos 4. Melancia – Produção I. Pereira, Walter Esfrain (Orientador) II. Título.

UFPB/CCA

CDU: 631.4:635.615(043.2)

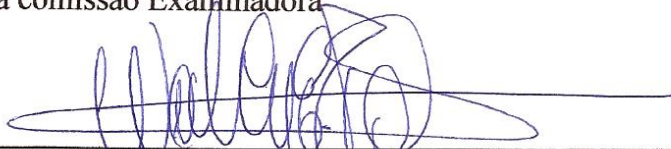
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO, FISIOLOGIA, NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE MELANCIEIRA SOB EFEITOS DA SALINIDADE HÍDRICA, COBERTURA MORTA E ADUBAÇÃO POTÁSSICA

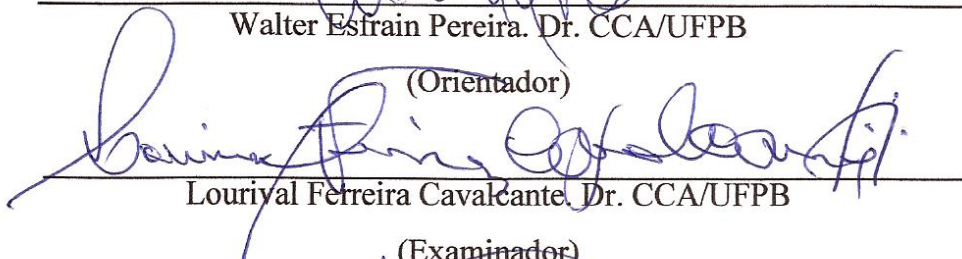
AUTOR: FRANCISCO THIAGO COELHO BEZERRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela comissão Examinadora



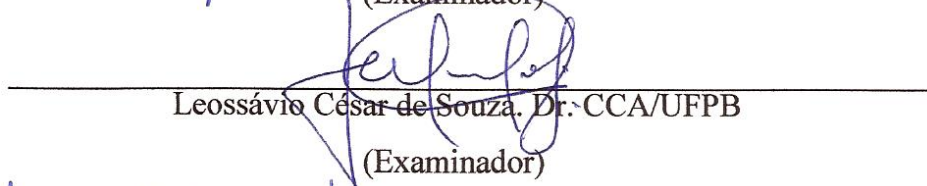
Walter Esfrain Pereira. Dr. CCA/UFPB

(Orientador)



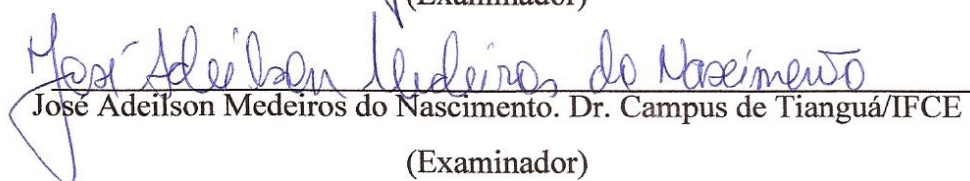
Lourival Ferreira Cavalcante. Dr. CCA/UFPB

(Examinador)



Leossávio César de Souza. Dr. CCA/UFPB

(Examinador)



José Adelson Medeiros do Nascimento. Dr. Campus de Tianguá/IFCE

(Examinador)

Data da realização: 02 de fevereiro de 2017.

Presidente da Comissão Examinadora

Dr. Walter Esfrain Pereira

Orientador

OFEREÇO

Ao meu pai

João Pinheiro Bezerra

Ao meu sogro e a minha sogra

Sebastião Ferreira de Amorim e Maria Alexandrina Ferreira

Aos meus irmãos

Raphaela Coelho Bezerra e Raphael Coelho Bezerra

À minha afilhada e ao meu sobrinho

Catarine Amorim Rodrigues e Ismael Bezerra Parente

À minha Cunhada e a minha sobrinha de coração

Marly Ferreira Amorim e Ariane Maria Amorim Rodrigues

DEDICO

À minha mãe

Francilene Coelho Bezerra (*In Memoria*), pelos cuidados, carinho, amor e paciência. Muito do que hoje sou é por causa de ti mãe.

À minha esposa

Marlene Alexandrina Ferreira Bezerra, pelo companheirismo e amor. Te amo muito Marlene.

“Somos o que repetidamente fazemos. A excelência, portanto, não é um feito, mas um hábito”.

“O ignorante afirma, o sábio dúvida, o sensato reflete”.

(Aristóteles)

“Eu não procuro saber as respostas, procuro compreender as perguntas”.

(Confúcio)

AGRADECIMENTOS

A Deus, que criou o céu e a terra e tudo que nela está e por me conceder a dádiva da vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal da Paraíba, onde adquiri conhecimentos necessários à obtenção do título de Doutor.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de Doutorado.

Ao INCTSal (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade), pelo apoio financeiro, por intermédio do pesquisador e professor Dr. Lourival Ferreira Cavalcante.

À minha esposa Marlene Alexandrina Ferreira Bezerra por seu carinho, dedicação, conselhos e amizade. Pela ajuda na execução de todas as etapas desta tese. Pessoa essencial na minha vida, te amo Marlene.

Ao Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira, pela orientação na realização deste trabalho. Também agradeço ao professor pela amizade, ensinamentos e parceria desde a graduação até o título de doutor. Que essa parceria continue.

Ao Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante, pelas contribuições neste trabalho. Agradeço também pela amizade, ensinamentos e parceria desde a graduação até o título de doutor. Que essa parceria continue.

À Prof^a. Dr^a. Silvanda de Melo Silva, pela colaboração nas análises de qualidade de frutos.

Aos membros da Banca examinadora, Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira, Prof. Dr. Lourival Ferreira Cavalcante, Prof. Dr. Leossávio César de Souza e Prof. Dr. José Adeilson do Medeiros Nascimento, pelas contribuições neste trabalho.

Aos meus amigos Sherly Medeiros e Leandro Araújo, pela amizade e contribuição nos trabalhos de doutorado.

Aos meus colegas Flaviano Oliveira, Aldeir Silva, José Thyago Sousa, Michael Bertino, Núbia Ferreira, Alian Cássio, Adailza Cavalcante, André Nunes e, Antônio Missiemário Bertino pela amizade e contribuições na execução deste trabalho.

A Zezinho e todos os que trabalham na propriedade do Prof. Lourival, pela contribuição essencial nas atividades de campo.

Enfim, a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

Bezerra, Francisco Thiago Coelho. D.S. Universidade Federal da Paraíba. Fevereiro de 2017.

Atributos químicos do solo, fisiologia, nutrição e produção de melancia sob efeitos da salinidade hídrica, cobertura morta e adubação potássica. Walter Esfrain Pereira (Orientador). Ítalo Herbert Lucena Cavalcante (Coorientador).

RESUMO GERAL

A baixa e irregular precipitação pluviométrica em regiões áridas e semiáridas, associada frequentemente a restrição do uso da água devido ao excesso de sais é um dos maiores limitadores para o desenvolvimento da agricultura nessas regiões. Dessa forma, a pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar alterações em atributos químicos do Neossolo Regolítico, na fisiologia, nutrição e produção de plantas e na qualidade de melancia cv. Crimson Sweet irrigada com água salina, cobertura do solo e doses de potássio em cultivos de primavera e verão. Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, sendo a parcela principal constituída pela condutividade elétrica da água de irrigação ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$), e as subparcelas das combinações entre níveis de cobertura do solo (sem e com) e doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de K_2O), obedecendo o respectivo esquema $2 \times 2 \times 4$. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados. Os atributos químicos do Neossolo Regolítico foram determinados na camada de 0-20 cm de profundidade, baseando-se em variáveis da fertilidade e da salinidade. As avaliações fisiológicas consistiram na determinação dos índices foliares de clorofila, fluorescência da clorofila *a* e trocas gasosas. A avaliação do estado nutricional das plantas constou dos teores foliares de macronutrientes, micronutrientes, sódio e do índice de balanço nutricional. No momento da colheita foram determinados componentes de produção, produtividade e a qualidade dos frutos. Os dados foram analisados, quanto as épocas de cultivo, de forma conjunta quando as variâncias residuais foram homogêneas pelo teste Fmax de Hartley. Os dados foram submetidos as análises de variância (ANOVA), correlação de Pearson (ρ) e componentes principais (ACP). Também foi elaborado Heatmap com intuito de sintetizar as informações. As condições ambientais na primavera foram mais estressantes às plantas, evidenciadas pela menor eficiência quântica do fotossistema II, maior fluorescência inicial e máxima da clorofila *a*, maior índice de clorofila *b*, maior desequilíbrio nutricional e menor produção. O uso de irrigação em Neossolo Regolítico cultivado com melancia elevou a condutividade elétrica do extrato de saturação, devendo ser utilizada com moderação em épocas de maior demanda hídrica como na primavera. O aumento da salinidade aumentou os teores foliares de nitrogênio, manganês, sódio e diminuiu o teor foliar de ferro, a condutância estomática, a transpiração das plantas, o tamanho e a doçura dos frutos, mas sem afetar a produtividade. O uso de cobertura morta do solo não é adequado em áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ quando a necessidade de irrigação é elevada, como na primavera, quando aumentou o teor de sódio. Mas, no geral, o uso de cobertura morta é indicado no cultivo de melancia, uma vez que aumentou o número de frutos e a produção por planta. A adubação com cloreto de potássio pode ser utilizado eficientemente para elevar os teores de potássio trocável e solúvel do solo. Sendo que a aplicação de cloreto de potássio não é recomendada em Neossolo Regolítico com teor médio de potássio, pois nas condições em que o trabalho foi desenvolvido observou-se redução no número de frutos por planta, na produtividade e no sabor doce (relação entre sólidos solúveis e acidez titulável) dos frutos de melancia.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*; Trocas gasosas; Índice de balanço nutricional; Qualidade de frutos.

Bezerra, Francisco Thiago Coelho. D.S. Federal University of Paraiba. February de 2017. **Soil chemical attributes, physiology, nutrition and watermelon production under effects of water salinity, mulch and potassium fertilization.** Walter Esfrain Pereira (Advisor). Ítalo Herbert Lucena Cavalcante (Co-Advisor).

GENERAL ABSTRACT

The low and uneven precipitation in arid and semi-arid regions, often associated with water use restriction due to excess salts is a major limiting to agricultural development in these regions. Thus, the research was conducted in order to evaluate changes in chemical attributes Entisol, physiology, nutrition and production plants and quality of irrigated watermelon with saline water, soil cover and potassium doses in spring crops and summer. The treatments were organized in split-plot, with the main plot consisting of the electrical conductivity of irrigation water (0.3 dS m^{-1} and 3.0 dS m^{-1}), and the subplots of the combinations of levels of soil cover (without and with) and doses of potassium (0, 40, 80 and 120 kg ha^{-1} of K_2O), obeying the respective $2 \times 2 \times 4$ scheme. A randomized complete block design was used. The chemical attributes Entisol were determined at 0-20 cm depth, based on fertility and salinity variables. The physiological evaluations consisted of determination of leaf chlorophyll indexes, chlorophyll a fluorescence and gas exchange. The evaluation of the nutritional status of the plants consisted of foliar levels of macronutrients, micronutrients, sodium and the nutritional balance index. At harvest were determined production components, productivity and fruit quality. Data were analyzed for the growing seasons, when jointly residual variances were homogeneous by Hartley Fmax test. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), Pearson correlation (ρ) and main components (PCA). It was also prepared Heatmap aiming to synthesize the information. The environmental conditions were more stressful spring plants, as evidenced by the lower quantum efficiency of photosystem II, higher initial and maximum fluorescence of chlorophyll a, chlorophyll b highest rate, higher nutritional imbalance and lower production. The use of irrigation Entisol cultivated with watermelon increased the electrical conductivity of the saturation extract and should be used sparingly in times of increased water demand as in the spring. The increase of salinity increased the nitrogen, manganese and sodium leaf contents and decreased iron leaf content, stomatal conductance, plant transpiration, fruit size and sweetness, but without affecting productivity. The use of mulch is not adequate in areas irrigated with water of 3.0 dS m^{-1} when the irrigation requirement is high, as in spring, when the sodium content increased. But, in general, the use of mulch is indicated in the cultivation of melancholia, since it increased the number of fruits and the yield per plant. Fertilization with potassium chloride can be used efficiently to raise soil exchangeable and soluble potassium contents. Since the application of potassium chloride is not recommended in Entisol with an average content of potassium, for the conditions in which the work was carried observed reduction in the number of fruits per plant in productivity and sweet taste (ratio of soluble solids and titratable acidity) of watermelon fruits.

Key words: *Citrullus lanatus*; Gas exchange; Nutritional balance index; Fruit quality.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1.1 Localização geográfica do município de Remígio, Paraíba, Brasil.	12
Figura 1.2 Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ET _o) no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba, Brasil.	15
Figura 1.3 Potencial hidrogeniônico (pH) do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ (A) e, em cultivos de primavera e verão em função de doses de potássio (B).	22
Figura 1.4 Condutividade elétrica do extrato de saturação (CE _{es}) do solo após cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ (A) e, em função de doses de potássio (B).	23
Figura 1.5 Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE _{es}) após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).	24
Figura 1.6 Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CE _{es}) após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em áreas sem e com cobertura morta, em função de doses de potássio.	25
Figura 1.7 Sódio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em cultivos de primavera e verão.	26
Figura 1.8 Sódio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	26
Figura 1.9 Sódio solúvel do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivo de primavera, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ (A) e, em função de doses de potássio (B).	27
Figura 1.10 Sódio solúvel do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivo de verão, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	28
Figura 1.11 Potássio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).	29

Figura 1.12 Potássio solúvel do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ (A) e, em função de doses de potássio (B).	30
Figura 1.13 Cálcio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em cultivos de primavera e verão.	31
Figura 1.14 Cálcio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	31
Figura 1.15 Magnésio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em áreas sem e com cobertura morta.....	32
Figura 1.16 Magnésio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em áreas sem (A) e com (B) cobertura morta, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	33
Figura 1.17 Magnésio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.....	34
Figura 1.18 Acidez potencial (H ⁺ + Al ³⁺) do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em áreas sem e com cobertura morta.....	35
Figura 1.19 Acidez potencial (H ⁺ + Al ³⁺) do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em áreas sem (A) e com (B) cobertura morta, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ (●) e 3,0 dS m ⁻¹ (■), em função de doses de potássio....	36
Figura 1.20 Soma de bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet na primavera, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em áreas sem e com cobertura morta.	37
Figura 1.21 Soma de bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet no verão, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ (A) e, em áreas sem e com cobertura morta em função de doses de potássio (B).....	38
Figura 1.22 Saturação por bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em áreas sem e com cobertura morta.....	39

Figura 1.23 Saturação por bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em áreas sem (A) e com (B) cobertura morta, sob irrigação com água e condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	40
Figura 1.24 Saturação por bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em áreas sem (●) e com (■) cobertura morta, em função de doses de potássio.	40
Figura 1.25 Percentagem de sódio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em cultivos de primavera e verão.	41
Figura 1.26 Percentagem de sódio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.....	42
Figura 1.27 Correlação de Pearson entre variáveis químicas do solo.	44
Figura 1.28 Dispersão das variáveis químicas do solo e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.	46
Figura 1.29 Heatmap dos valores normalizados na escala de 0 (menor) a 1 (maior) das variáveis química do solo que compõem os dois grupos.	47

Capítulo II

Figura 2.1 Localização geográfica do município de Remígio, Paraíba, Brasil.	60
Figura 2.2 Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ET _o) no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba, Brasil.	63
Figura 2.3 Índice foliar de clorofila <i>a</i> em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio em cultivo de verão.....	71
Figura 2.4 Índice foliar de clorofila <i>b</i> em plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão.....	72
Figura 2.5 Índice foliar de clorofila <i>total</i> em plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	73
Figura 2.6 Fluorescência inicial (A) e máxima (B) da clorofila <i>a</i> em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão.	74

Figura 2.7 Fluorescência variável (Fv) da clorofila <i>a</i> em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em cultivos de primavera e verão.	75
Figura 2.8 Fluorescência variável (Fv) da clorofila <i>a</i> em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	76
Figura 2.9 Eficiência quântica do fotossistema II (PSII) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão.	76
Figura 2.10 Concentração interna de gás carbônico (Ci) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em função de doses de potássio, em cultivo de primavera.	77
Figura 2.11 Condutância estomática (g _s) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivo de primavera, em função das doses de potássio (A), e em cultivo de verão, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio (B).	78
Figura 2.12 Transpiração (E) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ (A) e, em função de doses de potássio (B).	79
Figura 2.13 Transpiração (E) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera (●) e verão (■), em função de doses de potássio.	80
Figura 2.14 Assimilação líquida de gás carbônico (A) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em cultivos de primavera e verão, sob os efeitos de doses potássio.	81
Figura 2.15 Assimilação líquida de gás carbônico (A) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	82
Figura 2.16 Eficiência no uso da água (EUA, μmol de CO ₂ /mmol de H ₂ O) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹	83
Figura 2.17 Eficiência no uso da água (EUA, μmol de CO ₂ /mmol de H ₂ O) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).	84

Figura 2.18 Eficiência instantânea de carboxilação (EiC, $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).	85
Figura 2.19 Correlação de Pearson entre variáveis fisiológicas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet.....	86
Figura 2.20 Dispersão das variáveis fisiológicas e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.....	88
Figura 2.21 Heatmap dos valores normalizados na escala de 0 (menor) a 1 (maior) das variáveis fisiológicas nos tratamentos que compõem os dois grupos.	89

Capítulo III

Figura 3.1 Localização geográfica do município de Remígio, Paraíba, Brasil.	101
Figura 3.2 Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ETo) no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba, Brasil.	104
Figura 3.3 Teor foliar de nitrogênio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m^{-1} e 3,0 dS m^{-1} (A) e, em função de doses de potássio (B).....	113
Figura 3.4 Teor foliar de nitrogênio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão.	114
Figura 3.5 Teor foliar de fósforo em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).	115
Figura 3.6 Teor foliar de potássio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).	116
Figura 3.7 Teor foliar de cálcio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).	117
Figura 3.8 Teor foliar de cálcio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta, em função de doses de potássio.....	118
Figura 3.9 Teor foliar de magnésio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta, em função de doses de potássio.....	119
Figura 3.10 Teor foliar de ferro em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m^{-1} e 3,0 dS m^{-1} , em função de doses de potássio.	120
Figura 3.11 Teor foliar de ferro em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta, em cultivos de primavera e verão.	121

Figura 3.12 Teor foliar de ferro em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), nas áreas sem e com cobertura morta, em função de doses de potássio.	122
Figura 3.13 Teor foliar de boro em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivo de primavera, em função de doses de potássio.....	122
Figura 3.14 Teor foliar de boro em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta (A) e, em função de doses de potássio (B).	123
Figura 3.15 Teor foliar de zinco em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera (A) e verão (B), em função de doses de potássio.	124
Figura 3.16 Teor foliar de manganês em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivo de primavera em função de doses de potássio (A), e em cultivo de verão sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ (B).	125
Figura 3.17 Teor foliar de sódio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , nas áreas sem e com cobertura morta, em cultivos de primavera e verão.	126
Figura 3.18 Índice de balanço nutricional (A) e índices nutricionais dos elementos minerais (B), em cultivos de primavera e verão, de plantas de melancia cv. Crimson Sweet.	127
Figura 3.19 Correlação de Pearson entre variáveis nutricionais de plantas de melancia cv. Crimson Sweet.....	128
Figura 3.20 Dispersão das variáveis de nutrição mineral de plantas de melancia cv. Crimson Sweet e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.	130
Figura 3.21 Heatmap dos valores normalizados na escala de 0 (menor) a 1 (maior) das variáveis de nutrição mineral de plantas de melancia cv. Crimson Sweet que compõem os dois grupos.	132

Capítulo IV

Figura 4.1 Localização geográfica do município de Remígio, Paraíba, Brasil.	145
Figura 4.2 Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ET _o) no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba, Brasil.	148
Figura 4.3 Estande final (EF) de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio no verão.	155

Figura 4.4 Número média de frutos em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta do solo, em cultivos de primavera e verão.	156
Figura 4.5 Número médio de frutos em plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), nas áreas sem (●) e com (■) cobertura morta, em função de doses de potássio.	157
Figura 4.6 Massa média de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em cultivos de primavera e verão.	158
Figura 4.7 Massa média de frutos de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	159
Figura 4.8 Produção de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em cultivos de primavera e verão (A), e nas áreas sem e com cobertura morta do solo (B).	160
Figura 4.9 Produtividade de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta do solo, em cultivos de primavera e verão, sob os efeitos de doses potássio.	161
Figura 4.10 Produtividade de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), nas áreas sem e com cobertura morta do solo, em função de doses de potássio.	161
Figura 4.11 Diâmetro longitudinal (A) e transversal (B) de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em cultivos de primavera e verão.	164
Figura 4.12 Diâmetro longitudinal de frutos de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	165
Figura 4.13 Potencial hidrogeniônico (pH) em polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, das áreas sem e com cobertura morta do solo, em cultivos de primavera e verão, sob os efeitos de doses potássio.	166
Figura 4.14 Potencial hidrogeniônico (pH) em polpa de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), das áreas sem e com cobertura morta do solo, em função de doses de potássio.	167

Figura 4.15 Sólidos solúveis na polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, das áreas sem e com cobertura morta do solo, em cultivos de primavera e verão, sob os efeitos de doses potássio.	168
Figura 4.16 Sólidos solúveis na polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), das áreas sem e com cobertura morta do solo, em função de doses de potássio.	169
Figura 4.17 Acidez titulável na polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ (A), e em cultivos de primavera e verão em função de doses de potássio (B).	170
Figura 4.18 Relação entre os sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) em polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, das sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em cultivos de primavera e verão.	171
Figura 4.19 Relação entre os sólidos solúveis (SS) e a acidez titulável (AT) em polpa de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m ⁻¹ e 3,0 dS m ⁻¹ , em função de doses de potássio.	172
Figura 4.20 Correlação de Pearson entre variáveis de produção e qualidade de frutos de melancia cv. Crimson Sweet.	173
Figura 4.21 Dispersão das variáveis de produção e agrupamento dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.	175
Figura 4.22 Heatmap dos valores normalizados na escala de 0 (menor) a 1 (maior) das variáveis de produção nos tratamentos que compõem os três grupos.	177

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1.1 Atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos do Neossolo Regolítico eutrófico, antes dos cultivos de melancia cv. Crimson Sweet, no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba.....	14
Tabela 1.2 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), sódio trocável (NaT) e solúvel (NaS), potássio trocável (KT) e solúvel (KS), cálcio (CaT) e magnésio (MgT) trocáveis do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)	20
Tabela 1.3 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis acidez potencial (H^+Al), fósforo (P), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V), percentagem de sódio trocável (PST) e matéria orgânica (MO) do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)	21
Tabela 1.4 Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP) das variáveis químicas do solo após cultivos com plantas de melancia cv. Crimson Sweet	45

Capítulo II

Tabela 2.1 Atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos do Neossolo Regolítico eutrófico, antes dos cultivos de melancia cv. Crimson Sweet, no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba.....	62
Tabela 2.2 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis índices foliares de clorofila <i>a</i> (ICLa), <i>b</i> (ICLb) e <i>total</i> (ICLt), fluorescência mínima (F_o), máxima (F_m) e variável (F_v) da clorofila <i>a</i> e, eficiência quântica (F_v/F_m) do fotossistema II, em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC).....	69
Tabela 2.3 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis concentração interna de gás	

carbônico (Ci), condutância estomática (g_s), transpiração (E), assimilação líquida de gás carbônico (A), eficiência no uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC), em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC) 70

Tabela 2.4 Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP) de variáveis fisiológicas medidas em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet 87

Capítulo III

Tabela 3.1 Atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos do Neossolo Regolítico eutrófico, antes dos cultivos de melancia cv. Crimson Sweet, no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba..... 103

Tabela 3.2 Teste de homogeneidade ($F_{Hartley}$) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC) 111

Tabela 3.3 Teste de homogeneidade ($F_{Hartley}$) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis cobre (Cu), ferro (Fe), boro (B), zinco (Zn), manganês (Mn), sódio (Na) e índice de balanço nutricional (IBN), em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC) 112

Tabela 3.4 Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP) de variáveis nutricionais de plantas de melancia cv. Crimson Sweet..... 129

Capítulo IV

Tabela 4.1 Atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos do Neossolo Regolítico eutrófico, antes dos cultivos de melancia cv. Crimson Sweet, no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba..... 147

Tabela 4.2 Testes de homogeneidade ($F_{Hartley}$) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis estande final (EF), número de frutos por planta (NF), massa média de frutos (MM), produção por planta (PP) e produtividade (PROD) de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores

condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC) 154

Tabela 4.3 Teste de homogeneidade ($F_{Hartley}$) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT) de frutos, potencial de hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) na polpa de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)..... 163

Tabela 4.4 Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP) das variáveis de produção de plantas de melancia cv. Crimson Sweet 174

ANEXOS

Tabela A.1 Valores médio, variância, coeficiente de variação e ajuste a distribuição normal dos elementos minerais nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e Na (Na), em $g\ kg^{-1}$, cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B), em $mg\ kg^{-1}$, em folhas de populações de plantas de melancia cv. Crimson Sweet 190

Tabela A.2 Valores médio, variância, coeficiente de variação e ajuste a distribuição normal das relações entre os elementos minerais nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), sódio (Na), boro (B) em folhas de populações de plantas de melancia cv. Crimson Sweet para primeira aproximação das normas DRIS 191

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	4

CAPÍTULO I

Água salina, cobertura morta e adubação potássica sobre atributos químicos de Neossolo cultivado com melancia

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
1.1 INTRODUÇÃO	10
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	12
1.2.1 Caracterização do Local da Pesquisa	12
1.2.2 Tratamentos e Delineamento	13
1.2.3 Atributos Químicos e Físicos do Solo.....	13
1.2.4 Condições Meteorológicas.....	14
1.2.5 Instalação e Manejo da Cultura	15
1.2.5.1 Preparo da área	16
1.2.5.2 Semeadura e condução.....	16
1.2.5.3 Manejo da adubação	16
1.2.5.4 Manejo fitossanitário.....	17
1.2.5.5 Irrigação	17
1.2.6 Variáveis Analisadas	17
1.2.7 Análises Estatísticas.....	18
1.3 RESULTADOS.....	19
1.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	22
1.3.2 Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação.....	22
1.3.3 Sódio Trocável.....	25
1.3.4 Sódio Solúvel	27
1.3.5 Potássio Trocável	28
1.3.6 Potássio Solúvel.....	29
1.3.7 Cálcio Trocável	30
1.3.8 Magnésio Trocável.....	32
1.3.9 Acidez Potencial	34

1.3.10 Fósforo	36
1.3.11 Soma de Bases	36
1.3.12 Capacidade de Troca de Cátions.....	38
1.3.13 Saturação por Bases	38
1.3.14 Percentagem de Sódio Trocável	41
1.3.15 Matéria Orgânica.....	42
1.3.16 Análises de Correlação e Multivariadas	42
1.4 DISCUSSÃO	48
1.5 CONCLUSÕES	51
1.6 REFERÊNCIAS	52

CAPÍTULO II

Fisiologia de melanciaira em Neossolo sob os manejos da salinidade hídrica, cobertura e adubação potássica

RESUMO.....	56
ABSTRACT	57
2.1 INTRODUÇÃO	58
2.2 MATERIAL DE MÉTODOS	60
2.2.1 Caracterização do Local da Pesquisa	60
2.2.2 Tratamentos e Delineamento	61
2.2.3 Atributos Químicos e Físicos do Solo.....	61
2.2.4 Condições Meteorológicas.....	62
2.2.5 Instalação e Manejo da Cultura	63
2.2.5.1 Preparo da área	64
2.2.5.2 Semeadura e condução.....	64
2.2.5.3 Manejo da adubação	64
2.2.5.4 Manejo fitossanitário.....	65
2.2.5.5 Manejo da irrigação	65
2.2.6 Variáveis Analisadas	65
2.2.7 Análises Estatísticas.....	66
2.3 RESULTADOS.....	68
2.3.1 Índice foliar de clorofila <i>a</i>	71
2.3.2 Índice foliar de clorofila <i>b</i>	71
2.3.3 Índice foliar de clorofila <i>total</i>	72

2.3.4	Fluorescência inicial e máxima da clorofila <i>a</i>	73
2.3.5	Fluorescência variável da clorofila <i>a</i>	74
2.3.6	Eficiência quântica do fotossistema II	76
2.3.7	Concentração interna de gás carbônico.....	77
2.3.8	Condutância estomática	77
2.3.9	Transpiração	78
2.3.10	Assimilação líquida de gás carbônico	80
2.3.11	Eficiência no uso da água	82
2.3.12	Eficiência instantânea de carboxilação	84
2.3.13	Análises de correlação e multivariadas.....	85
2.4	DISCUSSÃO	90
2.5	CONCLUSÕES	92
2.6	REFERÊNCIAS	93

CAPÍTULO III

Diagnóstico nutricional de plantas de melancia sob os manejos da salinidade hídrica, cobertura e adubação potássica

RESUMO.....	97
ABSTRACT	98
3.1 INTRODUÇÃO	99
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	101
3.2.1 Caracterização do Local da Pesquisa	101
3.2.2 Tratamentos e Delineamento	102
3.2.3 Atributos Químicos e Físicos do Solo.....	102
3.2.4 Condições Meteorológicas.....	103
3.2.5 Instalação e Manejo da Cultura	104
3.2.5.1 Preparo da área	105
3.2.5.2 Semeadura e condução.....	105
3.2.5.3 Manejo da adubação	105
3.2.5.4 Manejo fitossanitário.....	106
3.2.5.5 Manejo da irrigação	106
3.2.6 Variáveis Analisadas	106
3.2.7 Análises Estatísticas.....	108
3.3 RESULTADOS.....	110

3.3.1	Nitrogênio	113
3.3.2	Fósforo	114
3.3.3	Potássio	115
3.3.4	Cálcio	116
3.3.5	Magnésio.....	118
3.3.6	Enxofre.....	119
3.3.7	Cobre.....	119
3.3.8	Ferro.....	119
3.3.9	Boro.....	122
3.3.10	Zinco	123
3.3.11	Manganês.....	124
3.3.12	Sódio.....	125
3.3.13	Índice de balanço nutricional	126
3.3.14	Análises de correlação e multivariadas.....	127
3.4	DISCUSSÃO	133
3.5	CONCLUSÕES	136
3.6	REFERÊNCIAS	137

CAPÍTULO IV

Componentes de produção e qualidade de melancia sob os manejos da salinidade hídrica, cobertura e adubação potássica

RESUMO.....	141
ABSTRACT	142
4.1 INTRODUÇÃO	143
4.2 MATERIAL DE MÉTODOS	145
4.2.1 Caracterização do Local da Pesquisa	145
4.2.2 Tratamentos e Delineamento	146
4.2.3 Atributos Químicos e Físicos do Solo.....	146
4.2.4 Condições Meteorológicas.....	147
4.2.5 Instalação e Manejo da Cultura	148
4.2.5.1 Preparo da área	149
4.2.5.2 Semeadura e condução.....	149
4.2.5.3 Manejo da adubação	149
4.2.5.4 Manejo fitossanitário.....	150

4.2.5.5	Irrigação	150
4.2.6	Variáveis Analisadas	150
4.2.7	Análises Estatísticas.....	151
4.3	RESULTADOS.....	153
4.3.1	Componentes de Produção.....	153
4.3.1.1	Estande final.....	155
4.3.1.2	Número de frutos por planta	155
4.3.1.3	Massa média de frutos.....	157
4.3.1.4	Produção por planta.....	159
4.3.1.5	Produtividade.....	160
4.3.2	Qualidade de Frutos de Melancia	162
4.3.2.1	Diâmetros de frutos	164
4.3.2.2	Potencial hidrogeniônico (pH).....	165
4.3.2.3	Sólidos solúveis.....	167
4.3.2.4	Acidez titulável.....	169
4.3.2.5	Relação SS/AT	170
4.3.3	Análises de Correlação e Multivariadas	172
4.4	DISCUSSÃO	178
4.4.1	Componentes de Produção.....	178
4.4.2	Qualidade de Frutos	180
4.5	CONCLUSÕES	182
4.6	REFERÊNCIAS	183
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	187
	ANEXOS	189

INTRODUÇÃO GERAL

A melancia, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai, pertencente à família Cucurbitaceae é originária de regiões quentes da África (FILGUEIRA, 2012; SANTOS; NASCIMENTO, 2014), sendo atualmente considerada cosmopolita e cultivada em diversos países. Na Ásia se concentra a maior produção (84,0%), seguida da África (5,8%), Américas (5,4%), Europa (4,8%) e Oceania (0,2%) (FAOSTAT, 2014). Em 2014 o Brasil foi o quarto maior produtor, sendo a China, a Turquia e o Irã os três maiores produtores, responsáveis por 76% da produção mundial (FAOSTAT, 2014).

No Brasil, a cultura da melancia foi inicialmente introduzida por escravos na região Nordeste, que a cultivavam em consórcio com milho, posteriormente, cultivares norte-americanas foram introduzidas por agricultores no Sul (FILGUEIRA, 2012; SANTOS; NASCIMENTO, 2014). O aumento no consumo de melancia no Brasil, principalmente como complemento das refeições, vem contribuindo para a expansão da cultura (VILELA; COSTA; LIMA, 2014) como observado nos últimos anos. Entre 2005 e 2015 observou-se aumento na área plantada de 86.238 hectares para 97.910 hectares, produção de 1.637.428 toneladas para 2.119.559 toneladas e produtividade de 19,16 t ha⁻¹ para 22,09 t ha⁻¹, representando os respectivos acréscimos de 13%, 29% e 15% (IBGE, 2015).

Segundo Vilela, Costa e Lima (2014), devido à carência de tecnologia, a cultura da melancia é considerada uma atividade de risco, mas possui relevante importância socioeconômica a medida que gera empregos nos diversos setores produtivos, além de representar importante segmento no agronegócio brasileiro. A produtividade brasileira, de 23 t ha⁻¹, foi inferior à média mundial, de 31,9 t ha⁻¹, na safra de 2014 (FAOSTAT, 2014), mesmo assim é uma cultura rentável. Sandri, Pereira e Vargas (2014) avaliando o custo de produção de melancia cv. Crimson Sweet, na região de Anápolis-GO, observaram que o ponto de nivelamento situa-se entre 11,2 a 14,6 t ha⁻¹ mas obtiveram produtividades variando de 28 a 55,8 t ha⁻¹.

O cultivo de melancia é realizado em todas as regiões do Brasil; se destacando a região Nordeste com a maior área plantada, 28%, e produção, 25% (IBGE, 2015). Em 2015 o estado da Paraíba foi o oitavo maior produtor do Nordeste e o vigésimo terceiro em nível nacional, com área plantada de 214 hectares, produção de 4.292 toneladas e produtividade de 20,06 t ha⁻¹ (IBGE, 2015). Sendo que a cultura da melancia tem potencial produtivo bem superior as médias paraibana e nacional. Miranda, Montenegro e Oliveira (2005), no município de

Paraipaba-CE, obtiveram produtividade de 50,7 t ha⁻¹ com a cultivar Crimson Sweet. Enquanto Silva et al. (2015), com esta mesma cultivar encontraram produtividade de 87,9 t ha⁻¹ no município de Belém-PA. Por isso, é fundamental se conhecer as limitações ambientais e realizar um planejamento que atenda as demandas locais, para conseguir o máximo rendimento econômico das culturas.

Uma das maiores limitações à agricultura na região semiárida do Nordeste Brasileiro, onde se inclui boa parte do estado paraibano, é a disponibilidade de água. As chuvas nesta região são espaço-temporalmente desuniformes (SILVA et al., 2011a) e as fontes de água muitas vezes possuem restrições para o uso devido, principalmente, ao excesso de sais (CAVALCANTE et al., 2012; CONEJO, 2005, 2007). A qualidade da água para irrigação pode ser classificada de acordo com sua condutividade elétrica, estimativa quantitativa dos sais solúveis. De acordo com Ayers e Westcot (1999) a água para irrigação é de nenhum grau de restrição quando a condutividade elétrica for abaixo de 0,7 dS m⁻¹, moderadamente restrita entre 0,7 e 3,0 dS m⁻¹ e, severamente restrita acima de 3,0 dS m⁻¹.

O efeito direto do uso de água salina na irrigação é o aumento de sais no solo e sua degradação física, principalmente pela dispersas das argilas; implicando na perda da fertilidade e susceptibilidade à erosão do solo (DIAS; BLANCO, 2010). O aumento da salinidade também tem consequências diretas na disponibilidade de água às plantas (AYERS; WESTCOT, 1999), por causa do poder higroscópico exercida pelos sais; além de exercer efeitos tóxicos, alterações nutricionais (MARSCHNER, 2012; PATEL et al., 2010) e hormonais (PRISCO; GOMES FILHO, 2010; TAIZ; ZEIGER, 2013). De acordo com Prisco e Gomes Filho (2010), a salinidade prejudica diretamente os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas, inicialmente alterando a absorção de água, nutrientes e a permeabilidade de membranas; acarretando distúrbios no balanço hídrico e nutricional; mudanças no metabolismo; no balanço hormonal, trocas gasosas e produção de espécies reativas de oxigênio; na expansão e divisão celular; no crescimento vegetativo e reprodutivo; na senescência foliar e; eventualmente morte da planta.

A cultura da melancia é considerada moderadamente sensível ao excesso de sais, ou seja, pode-se utilizar na irrigação da cultura água com até 3,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica (AYERS; WESTCOT, 1999), sendo que a tolerância aos efeitos dos sais varia com a cultivar (COSTA et al., 2013; ZONG et al., 2011). Práticas culturais e o uso de cultivares menos sensíveis a salinidade possibilitam o aproveitamento de água de qualidade inferior, sem perdas

significativas de rendimento e qualidade. O uso de cobertura do solo pode favorecer a produção de culturas sob o manejo de irrigação com água salina.

A cobertura morta mantém o solo mais úmido (CARVALHO et al., 2011) e consequentemente aumenta o potencial osmótico da solução do solo. A cobertura do solo também proporcionam outros benefícios relacionados, principalmente, a redução da demanda hídrica (SILVA et al., 2015b) e melhor eficiência no uso da água (CARVALHO et al., 2011), além do fornecimento de nutrientes pela decomposição do material (AMARAL et al., 2016). Com a cultivar de melancia Pérola, em Belém-PA, Lima Júnior e Lopes (2009) encontraram maior número de frutos por planta com o uso de cobertura do solo. Dantas et al. (2013) também obtiveram maior massa média de frutos e produtividade de melancia cv. Quetzale ao utilizarem cobertura do solo (mulching).

O equilíbrio nutricional também pode contribuir com a tolerância das plantas às situações de estresse, devendo-se estabelecer um programa de manejo da fertilidade do solo através de adubações orgânicas e minerais. Em um adequado manejo da adubação deve-se ponderar os fatores fonte, doses, épocas e localização de aplicação (BRUULSEMA; LEMUNYON; HERTZ, 2009; CASARIN; STIPP, 2013), sendo essencial conhecer a quantidade presente no solo e a demanda da cultura. O fornecimento de determinado nutriente via adubação irá elevar o seu teor no solo, como também poderá modificar a dinâmica de nutrientes minerais do solo; através das relações de troca iônica comuns na dinâmica do solo (NOVAIS; MELLO, 2007).

Para a melancia cv. Crimson Sweet a ordem de extração de macronutrientes é a seguinte $K > N > Ca > Mg > P > S$, mas, quando se quantifica a exportação a ordem para os macronutrientes passa a ser $N > P > K > S > Ca > Mg$ (VIDIGAL et al., 2009). No caso específico do potássio, a cultivar Crimson Sweet acumula no máximo 24,4 kg de K por planta e exporta, considerando população de 5.000 plantas por hectare, 68,4 kg ha⁻¹ de K (VIDIGAL et al., 2009). Este elemento é responsável pela ativação de várias enzimas, sendo o principal cátion no estabelecimento do turgor celular e manutenção da eletroneutralidade celular (EPSTEIN; BLOOM, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013). A aplicação de potássio também pode favorecer o acúmulo de outros nutrientes em plantas de melancia, como fósforo, cálcio e enxofre (NASCIMENTO et al., 2016). A resposta ao fornecimento de potássio está também relacionada ao teor inicial deste elemento no solo (MONÇÃO et al., 2012; SILVA et al., 2015a) e à fonte utilizada (CECÍLIO FILHO; GRANGEIRO, 2004).

REFERÊNCIAS

- AMARAL, U. do et al. Influência da cobertura morta em mini melancia “Sugar baby” no início da frutificação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 164–170, 2016.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A Qualidade da Água na Agricultura**. Campina Grande: FAO (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29), 1999. 153p.
- BRUULSEMA, T.; LEMUNYON, J.; HERTZ, B. Fundamentos para utilização correta do seu fertilizante. **Informações Agronômicas**, v. 126, p. 15–18, 2009.
- CARVALHO, J. F. de et al. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 256–263, 2011.
- CASARIN, V.; STIPP, S. R. Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **Informações Agronômicas**, v. 142, p. 14–20, 2013.
- CAVALCANTE, L. F. et al. Água para agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: CAVALCANTE, L. F. (Ed.). **O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água**. João Pessoa: Sal da Terra, 2012. p. 17–65.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; GRANGEIRO, L. C. Produtividade da cultura da melancia em função de fontes e doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 561–569, 2004.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2005. 176p.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama do Enquadramento dos Corpos d’Água do Brasil e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2007. 124p.
- COSTA, A. R. F. C. da et al. Produção e qualidade de melancia cultivada com água de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 947–954, 2013.
- DANTAS, M. S. M. et al. Rendimento e qualidade de melancia cultivada sob proteção de agrotêxtil combinado com mulching plástico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 824–829, 2013.

- DIAS, N. da S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 129–141.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: princípios e perspectivas**. 2ª ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.
- FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 28 jan. 2017.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 421p.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. 42º ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. 45p.
- LIMA JUNIOR, J. A. de; LOPES, P. R. de A. Avaliação da cobertura do solo e métodos de irrigação na produção de melancia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 315–322, 2009.
- MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3ª ed. San Diego: Elsevier®, 2012. 651p.
- MIRANDA, F. R. de; MONTENEGRO, A. A. T.; OLIVEIRA, J. J. G. Produtividade da melancia irrigada por gotejamento em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 158–162, 2005.
- MONÇÃO, O. P. et al. Produtividade da cultura da melancia sob diferentes doses de potássio no município de Santa Rita de Cássia-BA. **Enciclopédia Bioesfera**, v. 8, n. 15, p. 1423–1431, 2012.
- NASCIMENTO, J. A. M. do et al. Macronutrients in watermelon plants fertilized with potassium and cattle manure. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 9, p. 836–840, 2016.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. DE. Relação Solo-Planta. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 133–204.
- PATEL, A. D. et al. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. **Anales de Biología**, v. 32, n. 1, p. 59–71, 2010.
- PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, G. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (Eds.). **Manejo da Salinidade na**

Agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 143–159.

SANDRI, D.; PEREIRA, J. A.; VARGAS, R. B. Custos de produção e rentabilidade produtiva da melancia sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 414–429, 2014.

SANTOS, M. F.; NASCIMENTO, II. R. do. Cultivares de melancia. In: LIMA, M. F. (Ed.). **Cultura da Melancia**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 55–68.

SILVA, V. F. A. et al. Produção de melancia e teores de sólidos solúveis em resposta a adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 136–144, 2015a.

SILVA, E. M. P. da et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da melancia em solo sob palhada e preparo convencional. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 154–164, 2015b.

SILVA, V. P. R. da et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131–138, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

VIDIGAL, S. M. et al. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, v. 56, n. 1, p. 112–118, 2009.

VILELA, N. J.; COSTA, N. D.; LIMA, M. F. Situação da produção brasileira de melancia e principais desafios. In: LIMA, M. F. (Ed.). **Cultura da Melancia**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 13–34.

ZONG, L. et al. Effect of different irrigation water salinities on some yield and quality components of two field-grown Cucurbit species. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 35, n. 3, p. 297–307, 2011.

CAPÍTULO I

**Água salina, cobertura morta e adubação potássica sobre atributos químicos de
Neossolo cultivado com melancia**

RESUMO

O excesso de sais solúveis, no solo e na água, e a baixa e irregular pluviosidade constituem os principais problemas à agricultura das regiões áridas e semiáridas do mundo. O Nordeste brasileiro, constituído predominantemente pelo clima semiárido, não é exceção a estas condições. Por isso, a adoção de medidas que mitiguem os efeitos do excesso de sais deve ser considerada. Nesse sentido, objetivou-se avaliar alterações em atributos químicos de um Neossolo Regolítico cultivado com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em função da salinidade da água de irrigação, cobertura do solo com restos vegetais e doses de potássio em cultivos de primavera e verão. Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, sendo a parcela principal constituída pela condutividade elétrica da água de irrigação ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$), e as subparcelas das combinações entre níveis de cobertura do solo (sem e com) e doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de K_2O), obedecendo o respectivo esquema $2 \times 2 \times 4$. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados. Ao final dos cultivos foram coletadas amostras do solo nas subparcelas, camada de 0-20 cm de profundidade, para avaliação de atributos da fertilidade (potencial hidrogeniônico, fósforo, potássio, sódio, cálcio, magnésio, soma de bases, acidez potencial, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, percentagem de sódio trocável e matéria orgânica) e da salinidade (condutividade elétrica do extrato de saturação, sódio e potássio solúveis). Os dados foram submetidos às análises de variância (ANOVA), correlação de Pearson (ρ) e componentes principais (ACP). Também foi elaborado Heatmap com intuito de sintetizar as informações. O uso de irrigação em Neossolo Regolítico cultivado com melancia elevou a condutividade elétrica do extrato de saturação, devendo ser utilizada com moderação em épocas de maior necessidade de aplicação de água como na primavera. A condutividade elétrica do extrato de saturação do Neossolo Regolítico foi aumentada pela irrigação, com maior intensidade com a água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, mas não o tornou de caráter salino. A adubação com cloreto de potássio pode ser utilizada eficientemente para elevar os teores de potássio trocável e solúvel do solo, mas com reflexo negativo devido ao aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do Neossolo Regolítico.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*; Época de cultivo; Fertilidade do solo; Salinidade do solo.

ABSTRACT

The excess soluble salts, in soil and water, and low and irregular rainfall are the main problems in agriculture in arid and semiarid regions of the world. The Brazilian Northeast, predominantly semi-arid climate, is no exception to these conditions. Therefore, the adoption of measures to mitigate the effects of excess salts should be considered. In this sense, the objective was to evaluate changes in chemical attributes of a Entisol cultivated with watermelon plants cv. Crimson Sweet, in function of irrigation water salinity, soil cover with vegetal remains and potassium doses in spring and summer crops. The treatments were organized in split-plot, with the main plot consisting of the electrical conductivity of irrigation water (0.3 dS m^{-1} and 3.0 dS m^{-1}), and the subplots of the combinations of levels of soil cover (without and with) and doses of potassium (0, 40, 80 and 120 kg ha^{-1} of K_2O), obeying the respective $2 \times 2 \times 4$ scheme. A randomized complete block design was used. At the end of the cultivation soil samples were collected in subplots 0-20 cm depth, for evaluation of fertility (potential hydrogenation, phosphorus, potassium, sodium, calcium, magnesium, base sum, potential acidity, cation exchange capacity, base saturation, percentage of exchangeable sodium and organic matter) and salinity (electrical conductivity of saturation extract, soluble sodium and potassium). The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), Pearson correlation (ρ) and main components (PCA). It was also prepared Heatmap aiming to synthesize the information. The use of irrigation in Entisol cultivated with watermelon plant increased the electrical conductivity of the saturation extract and should be used with moderation in times of greater water application as in the spring. The electrical conductivity of the saturation extract of the Entisol was increased by irrigation, with greater intensity with water of 3.0 dS m^{-1} , but did not make it saline. The fertilization with potassium chloride can be used efficiently to increase the exchangeable and soluble levels of the soil, but with negative reflection due to the increase of the electrical conductivity of the saturation extract of the Entisol.

Key words: *Citrullus lanatus*; Growing season; Soil fertility; Soil salinity.

1.1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores limitações à agricultura na região semiárida do Nordeste Brasileiro, onde se inclui boa parte do estado paraibano, é a disponibilidade de água. As chuvas nesta região são espaço-temporalmente desuniformes (SILVA et al., 2011a) e as fontes de água muitas vezes possuem restrições para o uso devido, principalmente, ao excesso de sais (CAVALCANTE et al., 2012; CONEJO, 2005, 2007). A qualidade da água para irrigação pode ser classificada de acordo com sua condutividade elétrica, estimativa quantitativa dos sais solúveis. De acordo com Ayers e Westcot (1999) a água para irrigação é de nenhum grau de restrição quando a condutividade elétrica for abaixo de $0,7 \text{ dS m}^{-1}$, moderadamente restrita entre $0,7$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ e, severamente restrita acima de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$.

O efeito direto do uso de água salina na irrigação de culturas é o aumento de sais no solo e a degradação física do solo, principalmente pela dispersas das argilas. Isso implica na perda da fertilidade e susceptibilidade à erosão do solo (DIAS; BLANCO, 2010) e efeitos de estresse múltiplos às plantas (MARSCHNER, 2012; PRISCO; GOMES FILHO, 2010; TAIZ; ZEIGER, 2013). Porém, a disponibilidade de água sem restrição de uso está restrita a determinados períodos ou até mesmo a poucos locais. Essa inconveniência torna necessária a adoção de medidas que possibilitem o aproveitamento dos recursos disponíveis à produção agrícola (alimentos e produtos) como a água salina. Dentre as alternativas incluem-se o uso de culturas de maior resistência aos sais, adoção de práticas culturais e cultivo em épocas com menor demanda de irrigação.

A cultura da melancia é considerada moderadamente sensível ao excesso de sais, ou seja, pode-se utilizar na irrigação da cultura água com até $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica (AYERS; WESTCOT, 1999). Sendo que a tolerância aos efeitos dos sais varia com a cultivar (COSTA et al., 2013; ZONG et al., 2011). Dessa forma, o cultivo de melancia pode ser uma alternativa para exploração de áreas com restrição moderada devido a salinidade, visto que o Nordeste brasileiro é maior produtor, em área e produção, de melancia (IBGE, 2015).

Outra alternativa, é o uso de cobertura do solo que pode favorecer a produção de culturas sob o manejo de irrigação com água salina. A cobertura morta mantém o solo mais úmido (CARVALHO et al., 2011) e conseqüentemente aumenta o potencial osmótico da solução do solo. A cobertura do solo também proporcionam outros benefícios relacionados, principalmente, a redução da demanda hídrica (SILVA et al., 2015) e melhor eficiência no uso

da água (CARVALHO et al., 2011), além do fornecimento de nutrientes pela decomposição do material (AMARAL et al., 2016).

O equilíbrio nutricional também pode contribuir com a tolerância das plantas às situações de estresse, devendo-se estabelecer um programa de manejo da fertilidade do solo através de adubações orgânicas e minerais. Sendo essencial no estabelecimento do manejo da adubação ponderar os fatores fonte, doses, épocas e localização de aplicação (BRUULSEMA; LEMUNYON; HERTZ, 2009; CASARIN; STIPP, 2013), sabendo-se que o fornecimento de determinado nutriente via adubação irá elevar o seu teor no solo, como também poderá modificar a dinâmica de nutrientes minerais do solo; através das relações de troca iônica comuns na dinâmica do solo (NOVAIS; MELLO, 2007). O cultivo em épocas chuvosas, utilizando a irrigação apenas em momentos de prolongada estiagem, também pode reduzir ou evitar a degradação do solo irrigado com água salina.

Diante do exposto, objetivou-se com o presente estudo avaliar alterações nos atributos químicos do solo, cultivado com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob os manejos da irrigação com água salina, cobertura do solo e doses de potássio nos cultivos de primavera e verão.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho constou de dois experimentos, o primeiro na primavera de 2015 e o segundo no verão de 2016, adotando-se os mesmos procedimentos experimentais para as pesquisas.

1.2.1 Caracterização do Local da Pesquisa

O experimento foi desenvolvido no sítio Macaquinhos, situado no município de Remígio, Paraíba, Brasil (Figura 1.1). O município localiza-se entre as coordenadas de 6° 51' 26" a 7° 1' 21" de latitude Sul, 35° 46' 20" a 35° 57' 01" de longitude a oeste de Greenwich (IBGE, 2016) e 562 m de altitude; microrregião do Curimataú e mesorregião do Agreste Paraibano (IDEME, 2013).

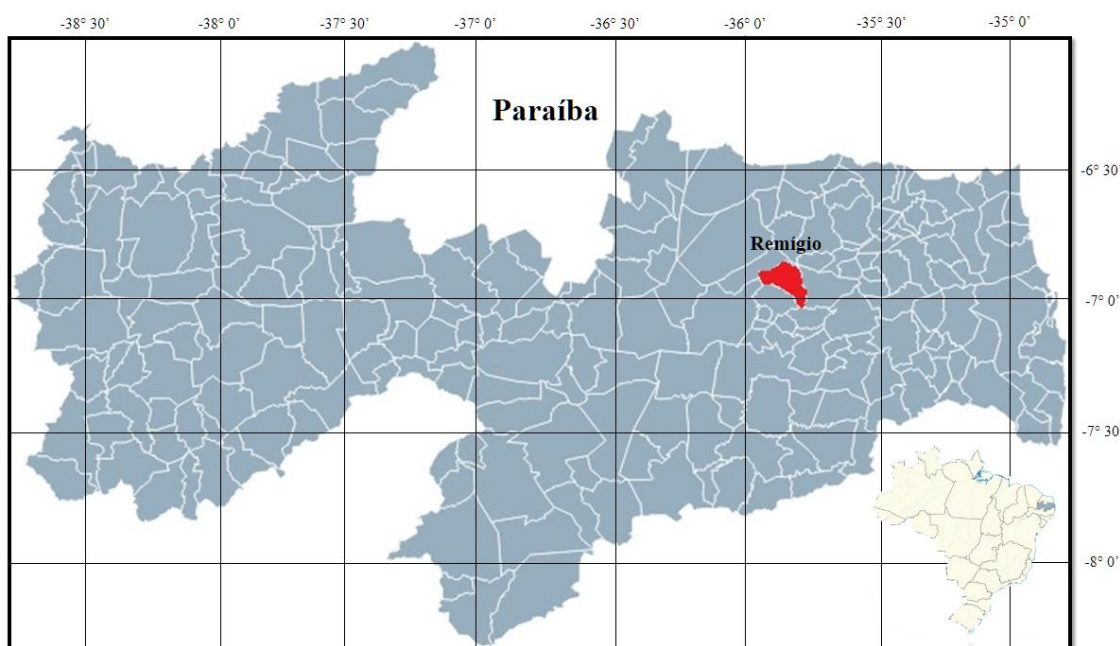


Figura 1.1 Localização geográfica do município de Remígio, Paraíba, Brasil.

A zona climática do município é do tipo As' segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical com chuvas de outono à inverno (BRASIL, 1972; IDEME, 2013). A época chuvosa se inicia no mês de fevereiro ou março e termina entre julho e agosto, com maior intensidade pluviométrica em junho ou julho. O período de seca começa em setembro e se prolonga até fevereiro, sendo mais acentuado na estação da primavera. A precipitação

pluviométrica média anual é de 700 mm, com umidade relativa média do ar de 80% e temperatura do ar entre 22°C e 26°C.

1.2.2 Tratamentos e Delineamento

Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, no esquema 2 x 2 x 4, correspondente à condutividade elétrica da água de irrigação (0,3 e 3,0 dS m⁻¹), aos níveis de cobertura morta sobre o solo (sem e com) e às doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O), respectivamente. A condutividade elétrica da água de irrigação foi a parcela principal e a combinação entre níveis de cobertura morta e doses de potássio a subparcela. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados. A unidade experimental, subparcela, foi constituída por uma linha de cultivo contendo sete plantas distanciadas entre si em 1 metro, na densidade de 5.000 plantas por hectare.

1.2.3 Atributos Químicos e Físicos do Solo

O solo da área experimental foi caracterizado como Neossolo Regolítico eutrófico (BRASIL, 1972; SANTOS et al., 2013) de textura areia franca. Nessa área, foram retiradas aleatoriamente amostras simples do solo na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras foram destorroadas, homogeneizadas, secas ao ar e à sombra e encaminhadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Rural, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, para caracterização dos atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos. As metodologias utilizadas nas análises foram as compiladas por Donagema et al. (2011) e, os resultados podem ser observados na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 Atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos do Neossolo Regolítico eutrófico, antes dos cultivos de melancia cv. Crimson Sweet, no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba

Fertilidade ¹												
pH	P	K	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V	PST	MO
	---- mg dm ⁻³ ----					cmol _c dm ⁻¹				----- % -----		g kg ⁻¹
6,44	129,11	71,46	0,29	2,20	1,75	0,0	0,33	4,42	4,75	93,05	6,11	10,92
Salinidade ²												
pH	CEes	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	Cl ⁻	PS	RAS	Classificação
	dS m ⁻¹					mmol _c L ⁻¹				%		não salino
7,04	0,807	0,77	2,02	5,00	4,38	1,39	0,0	8,25	5,0	16,60	0,93	
Física ³												
Areia	Silte	Argila	Ad	Gf	Ds	Dp	PT	Umidade		Água disponível		
								0,01 MPa	1,5 MPa			
----- g kg ⁻¹ -----					---- g cm ⁻³ ----		m ³ m ⁻³	----- g kg ⁻¹ -----				
858	83	59	0	1000	1,53	2,57	0,40	77,48	27,66			49,82

¹pH (potencial hidrogeniônico) em água; P (fósforo), K⁺ (potássio) e Na²⁺ (sódio) com extrator Mehlich 1; Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio) e Al³⁺ (alumínio) com extrator KCl 1 M; H⁺ + Al³⁺ (hidrogênio mais alumínio) com extrator acetato de cálcio 0,5 M a pH 7,0; SB (soma de bases) = K⁺ + Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺; CTC (capacidade de troca de cátions) = SB + H⁺ + Al³⁺; V (saturação por bases) = (SB/CTC) x 100; PST (percentagem de sódio trocável) = (Na⁺/CTC) x 100; MO (matéria orgânica) = carbono orgânico x 1,724, método Walkley-Black; ²CEes (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo); SO₄²⁻ (sulfato); CO₃²⁻ (carbonato); HCO₃²⁻ (bicarbonato); Cl⁻ (cloreto); PS (percentagem de sódio solúvel) = 100 x Na⁺ / (K⁺ + Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺); RAS (razão de adsorção de sódio) = Na⁺ / [0,5(Ca²⁺+Mg²⁺)]^{0.5}; ³Granulometria pelo método do densímetro, dispersante NaOH 1 M; Ad (argila dispersa em água); Gf (grau de floculação) = ((argila total - Ad)/argila total) x 100; Ds (densidade do solo); Dp (densidade de partícula); PT (porosidade total) = (Dp - Ds)/Dp.

1.2.4 Condições Meteorológicas

As condições meteorológicas no sítio Macaquinhos, durante os cultivos com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, consistiram no monitoramento diário da temperatura e umidade relativa do ar, da precipitação pluviométrica e da evapotranspiração de referência (ET_o) como podem ser observados na Figura 1.2. A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas a cada hora por Datalogger modelo HT-70 da Instrutherm[®]. A média diária da temperatura do ar foi calculada pela média das temperaturas extremas (ALLEN et al., 2006) e a umidade relativa média do ar através da média das leituras diária. A precipitação pluviométrica foi quantificada por pluviômetro e a evapotranspiração de referência através da evaporação do tanque Classe “A” multiplicado pelo coeficiente do tanque (ALLEN et al., 2006), adotando-se o coeficiente de 0,80 durante o experimento.

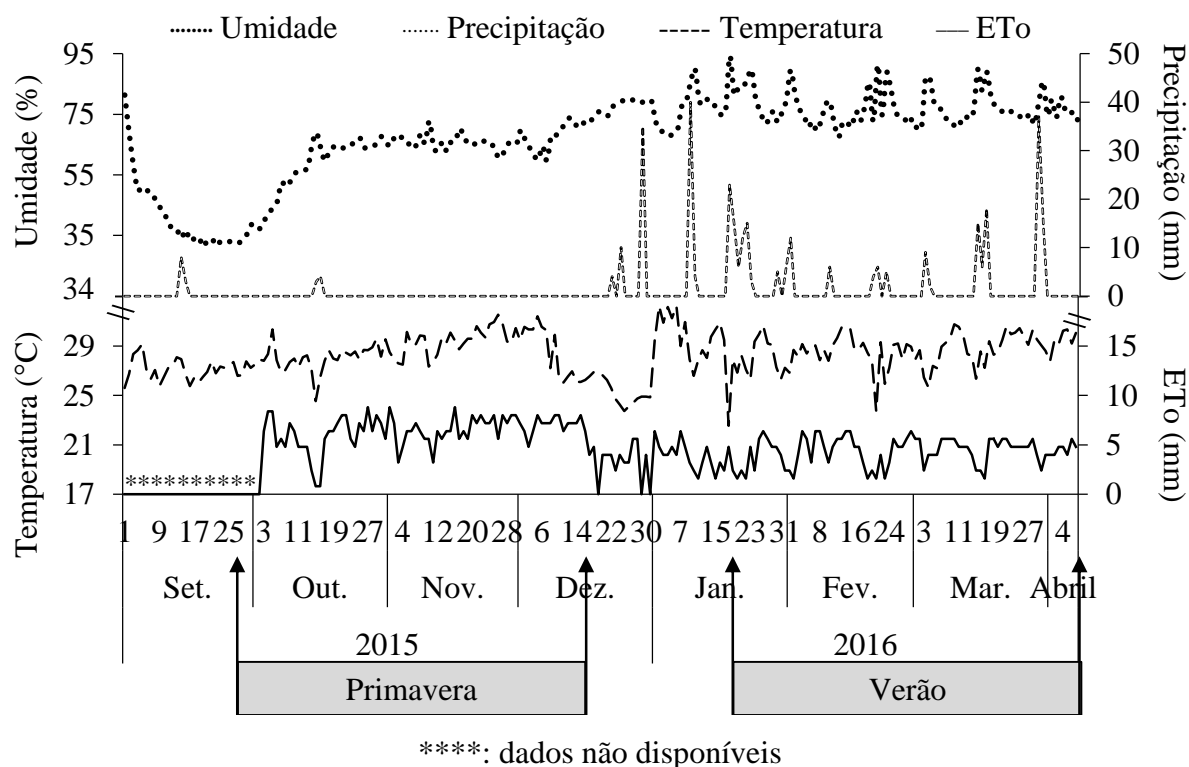


Figura 1.2 Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ET_o) no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba, Brasil.

No cultivo da primavera, 29/09/2015 a 18/12/2015, a temperatura média diária do ar mínima foi de 24,6°C, a máxima de 31,6°C, com média para o período de 28,6°C (Figura 1.2). A umidade média relativa do ar variou de 35,2% a 73,7%, com média de 62,3%. A precipitação pluviométrica acumulada foi de 7 mm, distribuída em dois dias. A evapotranspiração de referência diária mínima foi de 0,8 mm, com máxima de 8,8 mm e média de 6,1 mm. No cultivo de verão, 18/01/2016 a 7/04/2016, a temperatura média diária do ar mínima foi de 22,6°C, a máxima de 32,3°C, com média para o período de 28,0°C. A umidade média relativa do ar variou de 67,4% a 94,2%, com média de 77,4%. A precipitação pluviométrica acumulada foi de 222 mm, distribuída em 20 dias. A evapotranspiração de referência diária mínima foi de 1,6 mm, com máxima de 6,4 mm e média de 4,4 mm.

1.2.5 Instalação e Manejo da Cultura

1.2.5.1 Preparo da área

O preparo do solo consistiu na limpeza da área, através de capina com auxílio de enxada manual, e abertura das covas de plantio nas distâncias de 2 m entre linhas e 1 m entre covas nas linhas. As covas foram abertas com dimensões de 30 cm x 30 cm x 30 cm. Na camada superficial do solo retirado da cova, profundidade de 0-15 cm do perfil, foi incorporada a adubação de fundação com essa mistura retornado ao fundo da cova.

1.2.5.2 Semeadura e condução

As semeaduras foram realizadas em 29 de setembro de 2015, cultivo de primavera, e no dia 18 de janeiro de 2016, cultivo de verão, colocando três sementes por cova. Os cultivos foram realizados na mesma área, sendo que as linhas no cultivo de verão foram dispostas onde seriam as entrelinhas do cultivo de primavera. Após a emergência das plântulas, quando possuíam dois pares de folhas, realizou-se desbaste permanecendo apenas a mais vigorosa. A distribuição da cobertura morta, proveniente da limpeza da área, foi realizada em faixa de aproximadamente 50 cm de largura na linha de cultivo das subparcelas que receberam a prática do uso de cobertura morta sobre o solo.

1.2.5.3 Manejo da adubação

A adubação foi baseado na análise do solo (Tabela 1.1), tendo-se como referências as recomendações de Cavalcanti (2008). Foram aplicados $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de esterco curtido de gado bovino, 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 120 kg ha^{-1} de N e, conforme os tratamentos avaliados, 0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de K_2O . No preparo das covas, adubação de fundação, aplicou-se o esterco bovino, todo o fósforo na forma superfosfato simples (18% de P_2O_5 , 18% de Ca e 8% de S), 25% do nitrogênio como ureia (45% de N) e, um terço do potássio como cloreto de potássio (60% de K_2O). No preparo das covas na primavera também foi aplicado 10 kg ha^{-1} de sulfato de zinco (20% de Zn e 9% de S). O restante de nitrogênio e potássio foram aplicados em cobertura, com metade aos 35 dias após a semeadura e a outra metade aos 55 dias. Na última adubação de cobertura, como fonte de nitrogênio, se aplicou nitrato de cálcio (15% de N e 19% de Ca) com o objetivo de aumentar a disponibilidade de cálcio às plantas.

1.2.5.4 Manejo fitossanitário

As plantas daninhas foram controladas através de três capinas com enxada manual. O controle preventivo de ácaros e fungos foi realizado com pulverizações de Cuprozeb® (44% de mancozeb e 30% de oxicloreto de cobre) na concentração de 200 mg L⁻¹ de água.

1.2.5.5 Irrigação

A água para a irrigação foi bombeada de reservatório de superfície para caixas d'água, capacidade para 3 m³, localizadas na cota mais alta da propriedade. As caixas ficavam a uma distância horizontal de 65 m do início da área de cultivo, com diferença de altura monométrica de 3 mca para o início da área. Parte da área foi irrigada com água do açude (0,3 dS m⁻¹) e a outra parte foi irrigada com água salinizada (3,0 dS m⁻¹), obtida através da dissolução de sal moído da VitaSal® (59,4% de Cl, 38,5% de Na, 1,0% de SO₄⁻, 0,28% de Ca, 0,20% de Mg e, 0,1% de iodato de potássio) na água proveniente do reservatório de superfície. O preparo da água salina era realizado com no mínimo 24 h de antecedência da irrigação, aferindo com condutivímetro digital portátil modelo CD-850 da Instrutherm®.

A irrigação foi pelo método localizado com fita gotejadora modelo Silver Drip da Golden Tree®, com emissores espaçados em 10 cm e vazão de 0,5 L h⁻¹. A frequência de irrigação foi diária, com a lâmina baseada nos coeficientes de cultivo (kc) das diferentes fases da cultura (FERREIRA et al., 2015; SANTOS et al., 2004), na evapotranspiração de referência (Figura 1.2), na faixa de molhamento de 0,5 m e na eficiência do sistema de 94%.

1.2.6 Variáveis Analisadas

Ao final de cada época de cultivo foram retiradas amostras de cada subparcela experimental, profundidade de 0-20 cm do solo, para avaliação de atributos químicos (fertilidade e salinidade). Foram utilizadas as metodologias compiladas por Donagema et al. (2011). A fertilidade do solo caracterizada pelas análises de potencial hidrogeniônico (pH), fósforo, bases trocáveis (potássio, sódio, cálcio e magnésio), soma de bases, acidez potencial, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, percentagem de sódio trocável e matéria orgânica. A salinidade, determinada no extrato de saturação do solo, analisou-se a condutividade elétrica do extrato de saturação e as concentrações de sódio e potássio solúveis.

1.2.7 Análises Estatísticas

Para homogeneizar as variâncias os dados foram transformados em $\log(y + 1)$. Os resultados de cada época de cultivo foram inicialmente submetidos à análise de variância e, em seguida, avaliados quanto à homogeneidade dos erros (PEARSON; HARTLEY, 1956; PIMENTEL-GOMES, 2009). Quando estabelecida a homogeneidade entre as variâncias residuais das épocas de cultivo, adotando-se o teste F_{\max} ($p \leq 0,05$) de Hartley, a análise da variável foi realizada de forma conjunta.

Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando o teste F ($p \leq 0,05$), para se verificar os efeitos dos fatores isoladamente e suas interações. No desdobramento das interações dos fatores qualitativos também se utilizou do teste F para comparação de médias, admitindo-se erro de até 5% de probabilidade. Os efeitos quantitativos das doses de potássio foram testados por meio de regressão linear, com o teste F ($p \leq 0,10$) para se verificar o ajuste aos modelos. A regressão foi realizada independentemente dos efeitos dos demais fatores, sendo avaliada no desdobramento dos fatores qualitativos quando esses foram significativos (CHEW, 1977).

As variáveis também foram submetidas a análise de correlação de Pearson, com a significância avaliada pelo teste t. Para sintetizar as informações foi realizada análise de componente principal (ACP) e de agrupamento com base nos escores dos tratamentos (HUSSON; LÊ; PAGÈS, 2010; MINGOTI, 2005). O critério utilizado para classificar a variável nos componentes foi baseada na relação $0,5(\lambda^{-0,5})$, sendo λ o autovalor do componente (OVALLES; COLLINS, 1988). Para facilitar a visualização da importância dos tratamentos sobre as variáveis foi construído Heatmap. Sendo que para plotar as médias das variáveis, os seus valores foram normalizados no intervalo de 0 (menor valor) a 1 (maior valor), aplicando a seguinte equação:

$$z_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

As análises dos dados foram realizadas utilizando os softwares SAS/STAT® versão 9.3. (SAS, 2012) e R-Studio versão 3.3.1 (TEAM, 2016).

1.3 RESULTADOS

As variâncias residuais, entre períodos de cultivo, foram homogêneas para o potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica do extrato de saturação, teores trocáveis de sódio, potássio, cálcio, magnésio, teor solúvel de potássio (Tabela 1.2), acidez potencial, capacidade de troca de cátions, saturação por bases e percentagem de sódio trocável (Tabela 1.3) do solo cultivado com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, conforme o teste F de Hartley ($p \leq 0,05$). Por isso, essas variáveis foram analisadas de forma conjunta. Para o sódio solúvel (Tabela 1.2), fósforo, soma de bases e matéria orgânica (Tabela 1.3) as variâncias residuais foram não homogêneas, portanto, as épocas de cultivo foram avaliadas separadamente.

Analisando isoladamente os fatores avaliados observou-se que a condutividade elétrica da água de irrigação afetou o potencial hidrogeniônico, a condutividade elétrica do extrato de saturação, os teores trocável e solúvel do sódio, potássio solúvel (Tabela 1.2), soma de bases e percentagem de sódio trocável (Tabela 1.3); a época de cultivo influenciou a condutividade elétrica do extrato de saturação, sódio e potássio trocáveis (Tabela 1.2) e a percentagem de sódio trocável (Tabela 1.3); as doses de potássio exerceram efeito sobre o potássio, trocável e solúvel (Tabela 1.2) e; a cobertura morta não afetou as variáveis estudadas. As interações significativas foram observadas entre condutividade elétrica da água de irrigação e época de cultivo, sobre os teores trocáveis de sódio e cálcio (Tabela 1.2) e, na percentagem de sódio trocável (Tabela 1.3); entre condutividade elétrica da água de irrigação e cobertura morta sobre magnésio trocável (Tabela 1.2), acidez potencial, soma de bases e, saturação por bases (Tabela 1.3); entre condutividade elétrica da água de irrigação e doses de potássio, sobre sódio solúvel e magnésio trocável (Tabela 1.2); entre cobertura morta e doses de potássio, para a condutividade elétrica do extrato de saturação (Tabela 1.2), soma de bases e saturação por bases (Tabela 1.3) e; entre doses de potássio e época de cultivo sobre o potencial hidrogeniônico (Tabela 1.2).

Tabela 1.2 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes), sódio trocável (NaT) e solúvel (NaS), potássio trocável (KT) e solúvel (KS), cálcio (CaT) e magnésio (MgT) trocáveis do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)

Teste de homogeneidade ¹		pH	CEes	NaT	NaS ²	NaS ³	KT	KS	CaT	MgT
		F _{Hartley} = σ ² _{maior} /3σ ² _{menor}								
		1,85 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,82 ^{ns}	-----	5,35**	-----	0,33 ^{ns}	0,45 ^{ns}	1,80 ^{ns}
Fontes de Variações	Gl	Quadrado Médio ⁴ (x1.000)								
Bloco/EC	4	0,431 ^{ns}	10,797 ^{ns}	5,19 ^{ns}	121,55 ^{ns}	127,83*	169,90 ^{ns}	223,75 ^{ns}	29,40 ^{ns}	6,02 ^{ns}
Água (CEai)	1	7,139*	400,659*	884,03**	5.391,56*	1.489,24**	294,70 ^{ns}	393,85*	114,30 ^{ns}	60,37 ^{ns}
Época de cultivo (EC)	1	4,714 ^{ns}	965,375**	222,60**	-	-	1.815,62*	99,09 ^{ns}	116,59 ^{ns}	28,71 ^{ns}
CEai x EC	1	3,957 ^{ns}	223,791 ^{ns}	85,43**	-	-	89,19 ^{ns}	1,30 ^{ns}	167,72*	0,82 ^{ns}
Resíduo (a)	4	0,691	39,620	4,00	181,87	3,92	98,96	52,42	19,93	11,45
Cobertura Morta (CM)	1	0,840 ^{ns}	1,057 ^{ns}	0,30 ^{ns}	31,84 ^{ns}	5,52 ^{ns}	189,55 ^{ns}	113,96 ^{ns}	1,33 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Potássio (K)	3	0,794 ^{ns}	47,394 ^{ns}	3,53 ^{ns}	15,82 ^{ns}	8,50 ^{ns}	1.383,34**	830,09**	1,90 ^{ns}	5,515 ^{ns}
CEai x CM	1	1,040 ^{ns}	13,516 ^{ns}	0,01 ^{ns}	25,09 ^{ns}	2,27 ^{ns}	74,08 ^{ns}	1,63 ^{ns}	22,04 ^{ns}	38,93**
CEai x K	3	0,734 ^{ns}	6,601 ^{ns}	2,70 ^{ns}	39,61 ^{ns}	29,68*	28,02 ^{ns}	40,78 ^{ns}	15,28 ^{ns}	17,22*
CM x K	3	0,878 ^{ns}	52,452*	3,65 ^{ns}	16,40 ^{ns}	20,89 ^{ns}	172,04 ^{ns}	121,82 ^{ns}	8,56 ^{ns}	3,95 ^{ns}
CM x EC	1	1,448 ^{ns}	0,667 ^{ns}	4,59 ^{ns}	-	-	139,10 ^{ns}	76,72 ^{ns}	3,89 ^{ns}	5,346 ^{ns}
K x EC	3	1,450*	39,703 ^{ns}	1,96 ^{ns}	-	-	24,39 ^{ns}	10,17 ^{ns}	14,70 ^{ns}	2,36 ^{ns}
CEai x CM x K	3	0,516 ^{ns}	8,773 ^{ns}	1,72 ^{ns}	7,38 ^{ns}	0,92 ^{ns}	58,95 ^{ns}	32,37 ^{ns}	1,98 ^{ns}	9,55 ^{ns}
CEai x CM x EC	1	1,511 ^{ns}	3,079 ^{ns}	5,56 ^{ns}	-	-	28,45 ^{ns}	64,19 ^{ns}	1,04 ^{ns}	12,62 ^{ns}
CEai x K x EC	3	0,511 ^{ns}	10,829 ^{ns}	2,89 ^{ns}	-	-	44,21 ^{ns}	21,29 ^{ns}	3,11 ^{ns}	6,50 ^{ns}
CM x K x EC	3	0,962 ^{ns}	5,262 ^{ns}	1,48 ^{ns}	-	-	30,70 ^{ns}	12,63 ^{ns}	14,53 ^{ns}	1,20 ^{ns}
CEai x CM x K x EC	3	0,104 ^{ns}	8,101 ^{ns}	2,52 ^{ns}	-	-	46,94 ^{ns}	12,23 ^{ns}	4,91 ^{ns}	8,00 ^{ns}
Resíduo (b)	56	0,391	17,528	1,67	20,51	8,70	67,24	65,39	6,97	4,37
CV(a) (%)		3,02	39,03	37,22	46,86	9,07	16,82	57,24	27,15	41,15
CV(b) (%)		2,27	25,96	24,00	15,74	13,52	13,87	63,93	16,05	25,42

¹Modificada por Pimentel-Gomes (2012), com os valores críticos elaborada por Pearson e Hartley (1956);

² e ³: dados coletados nos ciclos realizados na primavera e no verão, respectivamente e com graus de liberdade para Bloco de 2, para o Resíduo (a) de 2 e para o Resíduo (b) de 28;

⁴Dados transformados na função $\log(y + 1)$;

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 1.3 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis acidez potencial (H+Al), fósforo (P), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V), percentagem de sódio trocável (PST) e matéria orgânica (MO) do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)

Teste de homogeneidade ¹		H+Al	P ²	P ³	SB ¹	SB ²	CTC	V	PST	MO ²	MO ³
		$F_{\text{Hartley}} = \sigma^2_{\text{maior}}/3\sigma^2_{\text{menor}}$									
		0,52 ^{ns}	----- 2,42* -----		----- 3,86** -----		2,13 ^{ns}	1,06 ^{ns}	0,41 ^{ns}	----- 2,76* -----	
Fontes de Variações	GL	Quadrado Médio ⁴ (x1.000)									
Bloco/EC	4	21,98 ^{ns}	213,928 ^{ns}	108,065 ^{ns}	9,53 ^{ns}	14,18**	7,35 ^{ns}	1,07 ^{ns}	134,22*	8,418 ^{ns}	23,236 ^{ns}
Água (CEai)	1	102,88 ^{ns}	361,429 ^{ns}	11,438 ^{ns}	14,25 ^{ns}	5,89**	19,58 ^{ns}	14,83 ^{ns}	8.335,32**	61,612 ^{ns}	1,671 ^{ns}
Época de cultivo (EC)	1	19,37 ^{ns}	-	-	-	-	0,09 ^{ns}	8,21 ^{ns}	1.618,84**	-	-
CEai x EC	1	4,27 ^{ns}	-	-	-	-	5,87 ^{ns}	7,19 ^{ns}	207,85*	-	-
Resíduo (a)	4	18,61	557,659	13,098	38,26	0,01	11,69	7,41	16,05	72,736	4,938
Cobertura Morta (CM)	1	6,91 ^{ns}	62,603 ^{ns}	200,034 ^{ns}	13,70 ^{ns}	2,70 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3,22 ^{ns}	1,19 ^{ns}	3,068 ^{ns}	2,535 ^{ns}
Potássio (K)	3	2,71 ^{ns}	64,082 ^{ns}	31,388 ^{ns}	8,22 ^{ns}	0,47 ^{ns}	2,81 ^{ns}	1,54 ^{ns}	26,31 ^{ns}	4,462 ^{ns}	3,805 ^{ns}
CEai x CM	1	41,89**	89,562 ^{ns}	224,924 ^{ns}	23,54*	8,63 ^{ns}	2,42 ^{ns}	25,64**	16,07 ^{ns}	1,675 ^{ns}	3,123 ^{ns}
CEai x K	3	7,35 ^{ns}	81,738 ^{ns}	68,146 ^{ns}	4,38 ^{ns}	0,47 ^{ns}	4,53 ^{ns}	1,19 ^{ns}	10,86 ^{ns}	5,275 ^{ns}	3,386 ^{ns}
CM x K	3	8,56 ^{ns}	27,792 ^{ns}	44,062 ^{ns}	2,51 ^{ns}	15,88*	3,36 ^{ns}	5,49*	22,43 ^{ns}	4,914 ^{ns}	4,560 ^{ns}
CM x EC	1	2,21 ^{ns}	-	-	-	-	4,19 ^{ns}	6,05 ^{ns}	4,43 ^{ns}	-	-
K x EC	3	8,62 ^{ns}	-	-	-	-	3,67 ^{ns}	2,71 ^{ns}	1,62 ^{ns}	-	-
CEai x CM x K	3	7,16 ^{ns}	62,364 ^{ns}	71,050 ^{ns}	5,83 ^{ns}	2,13 ^{ns}	0,80 ^{ns}	2,81 ^{ns}	10,66 ^{ns}	3,956 ^{ns}	2,525 ^{ns}
CEai x CM x EC	1	10,67 ^{ns}	-	-	-	-	6,68 ^{ns}	1,73 ^{ns}	8,77 ^{ns}	-	-
CEai x K x EC	3	4,95 ^{ns}	-	-	-	-	0,84 ^{ns}	1,91 ^{ns}	20,14 ^{ns}	-	-
CM x K x EC	3	4,56 ^{ns}	-	-	-	-	5,12 ^{ns}	1,30 ^{ns}	10,83 ^{ns}	-	-
CEai x CM x K x EC	3	2,87 ^{ns}	-	-	-	-	4,24 ^{ns}	0,55 ^{ns}	7,55 ^{ns}	-	-
Resíduo (b)	56	3,68	62,436	72,327	4,93	3,72	2,37	1,79	14,28	3,371	4,245
CV(a) (%)		31,00	41,72	6,12	28,35	0,45	13,03	4,68	14,40	25,44	6,27
CV(b) (%)		13,78	13,96	14,38	10,18	8,71	2,86	2,30	13,58	5,48	5,82

¹Modificada por Pimentel-Gomes (2012), com os valores críticos elaborada por Pearson e Hartley (1956);

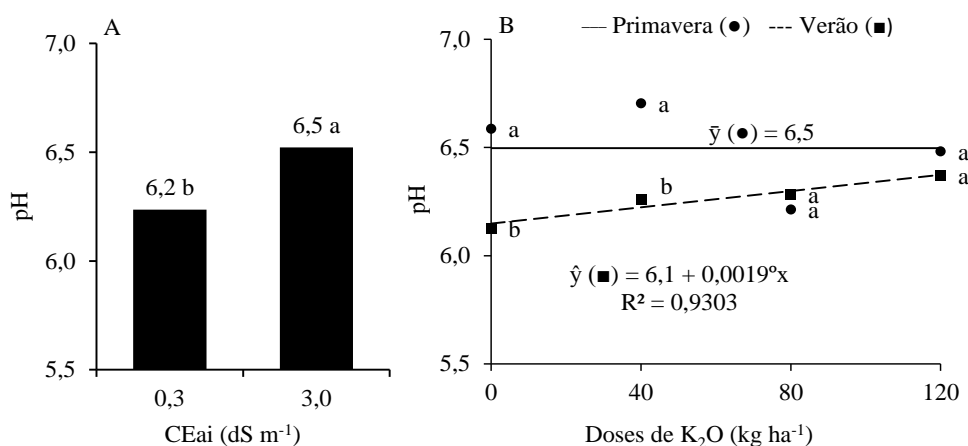
² e ³: dados coletados nos ciclos realizados na primavera e no verão, respectivamente e com graus de liberdade para Bloco de 2, para o Resíduo (a) de 2 e para o Resíduo (b) de 28;

⁴Dados transformados na função $\log(y + 1)$;

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

1.3.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) do solo foi influenciado tanto pela condutividade elétrica da água de irrigação como pela interação entre as épocas de cultivo e as doses de potássio (Tabela 1.2). As áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ apresentaram, em média, 6,2 de pH e nas áreas sob irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ o valor de pH foi de 6,5 (Figura 1.3A). A irrigação com água de baixa salinidade ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) reduziu do pH do solo, enquanto que, a água salina ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) praticamente não alterou o pH inicial de 6,4. Na interação entre época de cultivo e doses de potássio observou-se, na ausência da adubação potássica e sob a dose de 40 kg ha^{-1} de K_2O , que o pH do solo foi reduzido em 8% no verão em comparação com a primavera (Figura 1.3B). Sob as doses de 80 e 120 kg ha^{-1} de K_2O não se observou diferença entre as épocas de cultivo sobre o pH. Para as doses de potássio, apenas no verão, a aplicação de 10 kg ha^{-1} de K_2O aumentou o pH do solo em 0,3%.



Médias seguidas pela mesma letra, entre condutividade elétrica da água de irrigação e entre épocas de cultivo para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

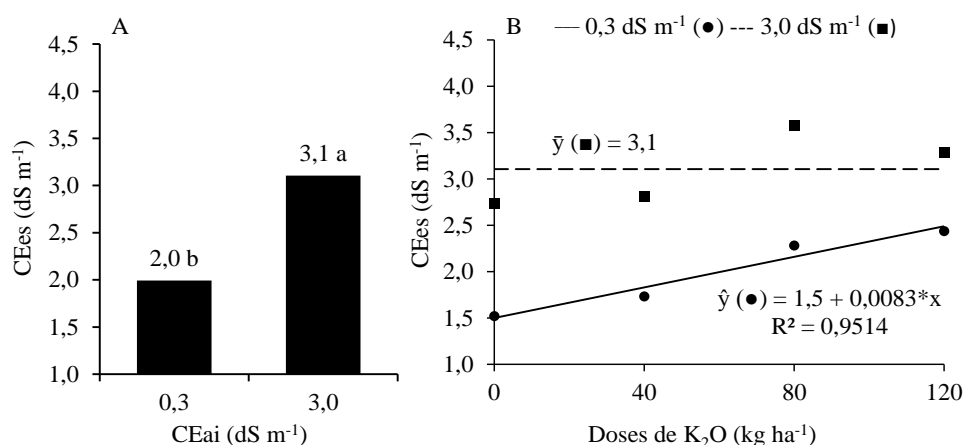
°: significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.3 Potencial hidrogeniônico (pH) do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (A) e, em cultivos de primavera e verão em função de doses de potássio (B).

1.3.2 Condutividade Elétrica do Extrato de Saturação

A condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, inicialmente de $0,8 \text{ dS m}^{-1}$, foi influenciada pela condutividade elétrica da água de irrigação e época de cultivo, isoladamente,

e pela interação entre cobertura morta e doses de potássio (Tabela 1.2). A irrigação aumentou a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, com maior intensidade quando se utilizou água de maior condutividade elétrica (Figura 1.4A). Obteve-se, em média, 2,0 e 3,1 dS m⁻¹ de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo quanto se utilizou água de 0,3 e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente. As doses de potássio, nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, aumentou a condutividade elétrica da água de irrigação em 5% a cada aplicação 10 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 1.4B).

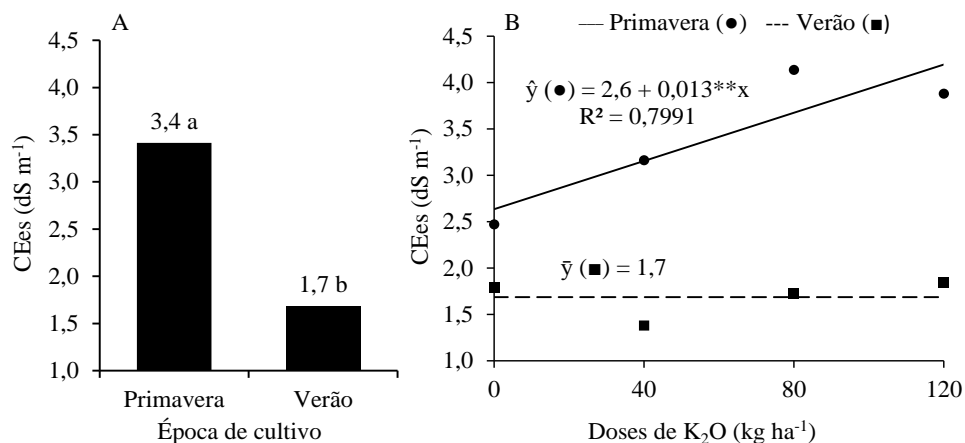


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.4 Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do solo após cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹ (A) e, em função de doses de potássio (B).

Entre as épocas de cultivo observou-se maior condutividade elétrica do extrato de saturação do solo na primavera de, em média, 3,4 dS m⁻¹ em relação à 1,7 dS m⁻¹ obtido no verão (Figura 1.5A). Na primavera a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo aumentou em 0,13 dS m⁻¹ a cada 10 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 1.5B). Passando de 2,6 dS m⁻¹, na ausência de aplicação de potássio, para 4,2 dS m⁻¹, sob a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O, representando aumento de 62% na condutividade elétrica do extrato de saturação

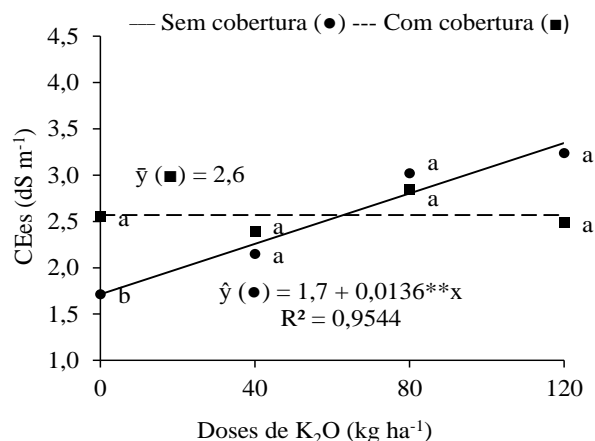


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

***: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.5 Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEes) após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).

Na interação entre prática da cobertura morta e doses de potássio, observou-se que a cobertura morta proporcionou maior condutividade elétrica do extrato de saturação do solo apenas na ausência de aplicação de potássio (Figura 1.6). Sob as demais doses, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, não se obteve diferença da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo nas áreas sem e com cobertura morta, sendo observadas as respectivas médias de 2,3, 2,9 e 2,9 dS m⁻¹. O aumento nas doses de potássio, nas áreas sem cobertura morta, elevou a condutividade elétrica do extrato de saturação em 0,1 dS m⁻¹ a cada 10 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 1.6).



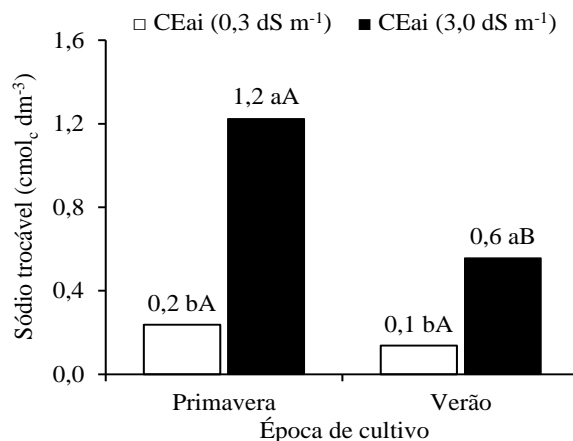
Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.6 Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (CEEs) após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em áreas sem e com cobertura morta, em função de doses de potássio.

1.3.3 Sódio Trocável

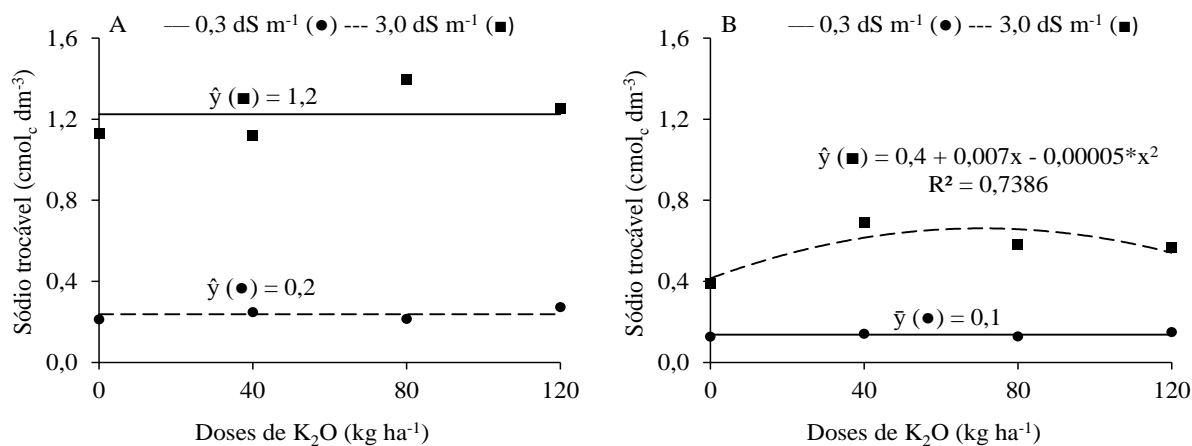
O sódio trocável do solo, inicialmente de $0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, foi afetado de forma isolada como pela a interação entre os fatores época de cultivo e condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 1.2). Na primavera obteve-se, em média, $0,2$ e $1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de sódio trocável nas áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente, ou seja, incremento de 500% ocasionada pela água de maior salinidade (Figura 1.7). No verão a diferença foi de 500% no sódio trocável do solo, com menores variações quando comparada a concentração inicial de sódio do solo ($0,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), quando se irrigou com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ ($0,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ ($0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Na comparação entre as épocas de cultivo observou-se, nas áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, que não houve diferenças no sódio do solo, com média de $0,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Nas áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, ocorreu na primavera maior acúmulo de sódio ($1,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em relação ao verão ($0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), sendo nesse período adicionado apenas 50% no sódio trocável em comparação à primavera.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 1.7 Sódio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em cultivos de primavera e verão.

Os efeitos sobre o sódio trocável do solo em função das doses de potássio, no desdobramento da interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e época de cultivo, apenas foram estimados no verão para as áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ (Figura 1.8). Nessas condições, observou-se que o sódio trocável aumentou até a dose de 70 kg ha⁻¹ de K₂O, chegando a 0,6 cmol^c dm⁻³.

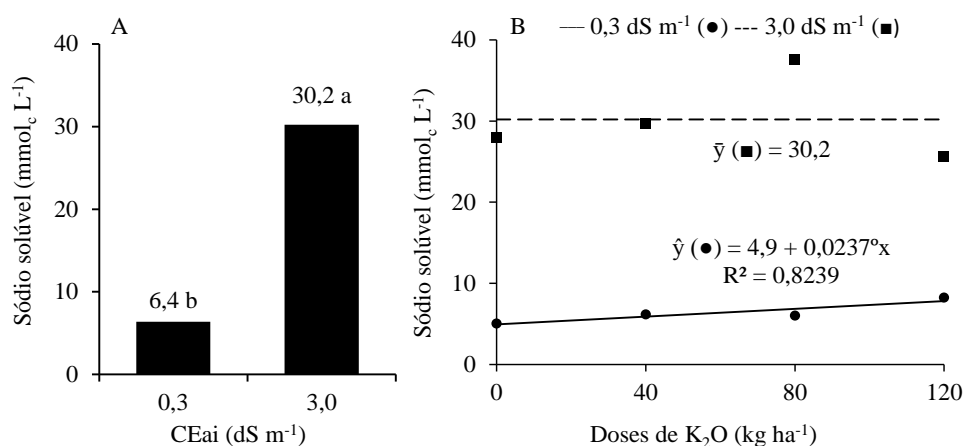


* e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 1.8 Sódio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

1.3.4 Sódio Solúvel

O sódio solúvel do solo foi afetado pela condutividade elétrica da água de irrigação, na primavera e no verão e, nessa última época a interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e doses de potássio também foi significativa (Tabela 1.2). Na primavera a irrigação proporcionou aumento no sódio solúvel do solo, inicialmente de $2,0 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, sendo intensificado nas áreas irrigadas com água de maior condutividade elétrica (Figura 1.9A). Foram obtidas médias de $6,4 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, nas áreas irrigadas com água não salina ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), e de $30,2 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$, sob irrigação com água salina ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$), acréscimo e 372% ocasionado por essa água em relação a água não salina. As doses de potássio, nas áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, aumentou o sódio solúvel do solo em 5% à cada 10 kg ha^{-1} de K_2O aplicado (Figura 1.9B).

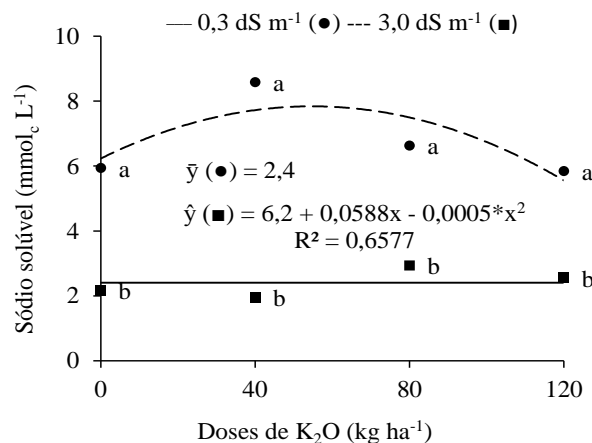


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

°: significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.9 Sódio solúvel do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivo de primavera, sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (A) e, em função de doses de potássio (B).

No verão, independentemente da dose de potássio, a concentração de sódio solúvel foi maior nas áreas irrigadas com água de maior salinidade (Figura 1.10). Nas áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ o teor de sódio solúvel aumentou até a dose de 59 kg ha^{-1} de K_2O , com concentração de $7,9 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$. Sem a aplicação de potássio a concentração de sódio solúvel foi de $6,2 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e com a dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O se obteve $6,1 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$.



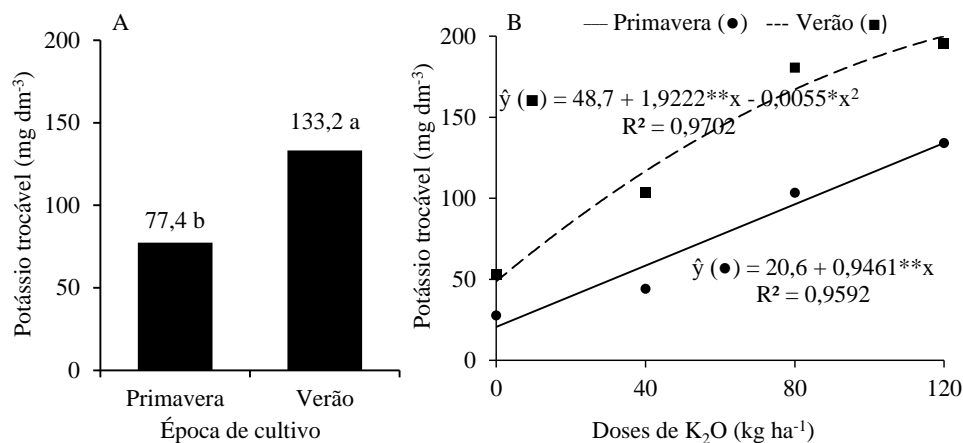
Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.10 Sódio solúvel do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivo de verão, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

1.3.5 Potássio Trocável

O teor de potássio trocável do solo, inicialmente de 77,4 mg dm⁻³, foi afetado pela época de cultivo e doses de potássio, isoladamente (Tabela 1.2). O maior teor de potássio do solo foi obtido após o cultivo do verão com, em média, 133,2 mg dm⁻³ de K em comparação aos 77,4 mg dm⁻³ na primavera (Figura 1.11A). Na comparação entre o teor de potássio do solo, antes e após as épocas de cultivo, observou-se redução deste elemento no solo caracterizada na ausência de aplicação de potássio (Figura 1.11B). Sendo que o aumento nas doses de potássio elevou o potássio do solo. Na primavera o aumento foi de 0,9 mg dm⁻¹ a cada quilograma de K₂O aplicado, ou seja, aumento de 554% no potássio do solo ao se comparar as áreas sem aplicação de potássio com as áreas que receberam a dose de 120 kg ha⁻¹ K₂O. No verão estima-se que a maior concentração de potássio no solo foi obtida sob a dose de 120 kg ha⁻¹ K₂O, sendo de 200,2 mg dm⁻³ de K, aumento estimado de 331% em relação as áreas sem aplicação de potássio.

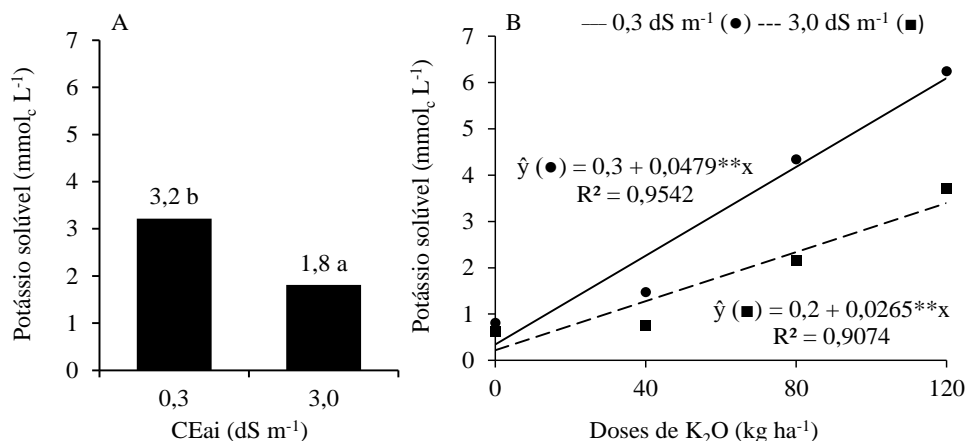


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).
 * e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 1.11 Potássio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).

1.3.6 Potássio Solúvel

O potássio solúvel do solo foi influenciado tanto pela condutividade elétrica da água de irrigação como pelas doses de potássio, isoladamente (Tabela 1.1). Nas áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ obteve-se, em média, $3,2 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de K o qual foi superior aos $1,8 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de K obtido nas áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 1.12A) e, superiores a situação inicial do solo ($0,8 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de K). Em relação ao incremento do potássio solúvel ocasionado pelas doses de potássio, estima-se aumentos em $0,5$ e $0,3 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ de K à cada 10 kg ha^{-1} de K₂O aplicado ao solo nas áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente (Figura 1.12B). Ou seja, a dose de potássio de 120 kg ha^{-1} de K₂O em relação a ausência da adubação potássica aumentou em 1.933%, sob irrigação com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, e em 1.600%, sob irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, o teor de potássio solúvel do solo.



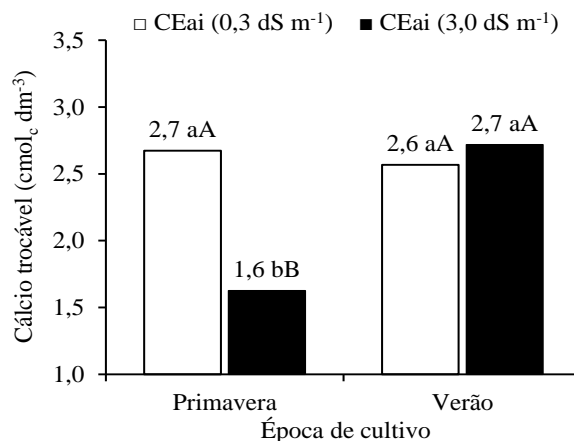
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.12 Potássio solúvel do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹ (A) e, em função de doses de potássio (B).

1.3.7 Cálcio Trocável

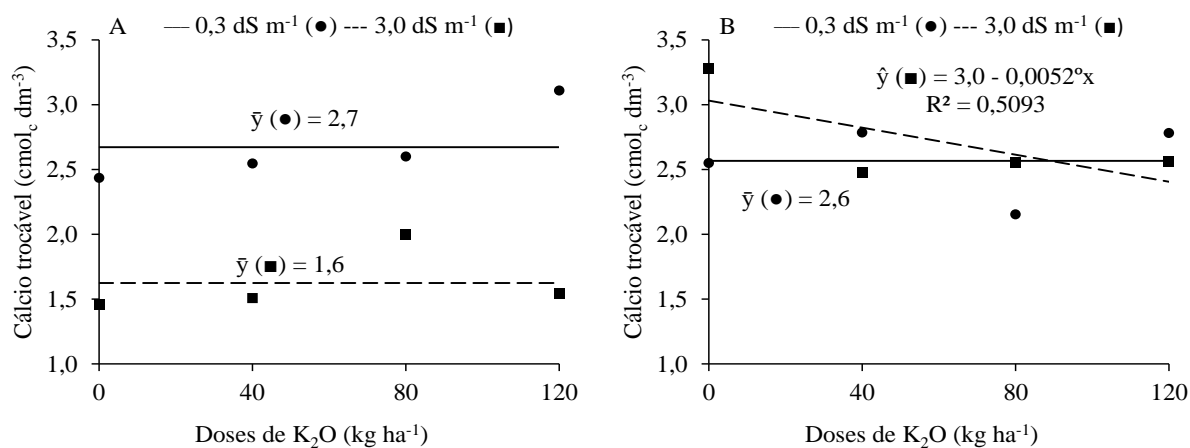
A concentração de cálcio trocável no solo foi afetada pela interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e épocas de cultivo (Tabela 1.2). O teor de cálcio inicial do solo foi de 2,2 cmol_c dm⁻³ e, foi adicionado 57 kg ha⁻¹ de cálcio via nitrato de cálcio na adubação de cobertura realizada aos 55 dias após a semeadura. Na primavera, se reduziu em 39% o cálcio trocável do solo ao se alterar a condutividade elétrica da água de 0,3 dS m⁻¹ para 3,0 dS m⁻¹, onde se tinha as respectivas médias de 2,7 cmol_c dm⁻³ e 1,6 cmol_c dm⁻³ (Figura 1.13). No verão não se obteve diferenças entre as águas sobre o teor de cálcio no solo, com média 2,7 cmol_c dm⁻³. Nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ não se observou diferença entre as épocas de cultivo que tiveram, em média de, 2,7 cmol_c dm⁻³ de cálcio trocável no solo. Nas áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, observou-se na primavera maior redução na concentração de cálcio trocável do solo (1,6 cmol_c dm⁻³) em relação ao verão (2,7 cmol_c dm⁻³).



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 1.13 Cálcio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, em cultivos de primavera e verão.

No verão, nas áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, os teores de cálcio trocável reduziu em 2% a acréscimos de 10 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 1.14). Passando de $3,0 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$, na ausência da aplicação de potássio, para $2,4 \text{ cmol}_c \text{dm}^{-3}$, sob a dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O .

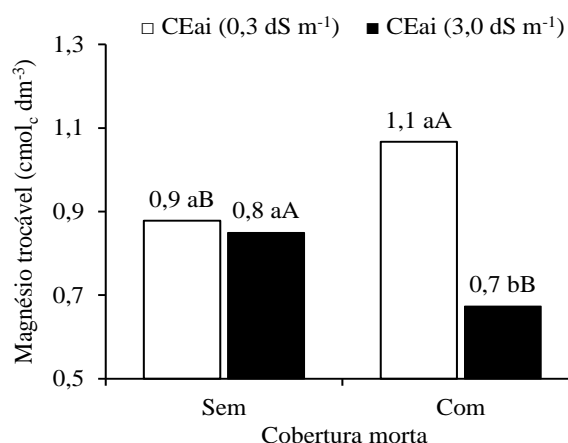


$^\circ$: significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.14 Cálcio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, em função de doses de potássio.

1.3.8 Magnésio Trocável

O magnésio trocável do solo, inicialmente de $1,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, foi influenciado pelas interações entre condutividade elétrica da água de irrigação e cobertura morta e, entre condutividade elétrica da água de irrigação e doses de potássio (Tabela 1.2). Nas áreas sem cobertura morta o teor de magnésio do solo foi indiferente à condutividade elétrica da água de irrigação, com média de $0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 1.15). Com o uso de cobertura morta, o aumento da salinidade da água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ para $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ reduziu o magnésio do solo de $1,1$ à $0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, perda de 37%. Sob irrigação com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, as áreas sem ($0,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) cobertura morta tiveram redução superior as áreas com ($1,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) cobertura morta de 22% no magnésio trocável do solo enquanto; nas áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, a maior redução no magnésio do solo foi obtida nas áreas com ($0,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) cobertura morta, redução maior em 13% quando comparada com as áreas sem ($0,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) cobertura morta. Sendo observada em todas as situações redução deste nutriente no solo.

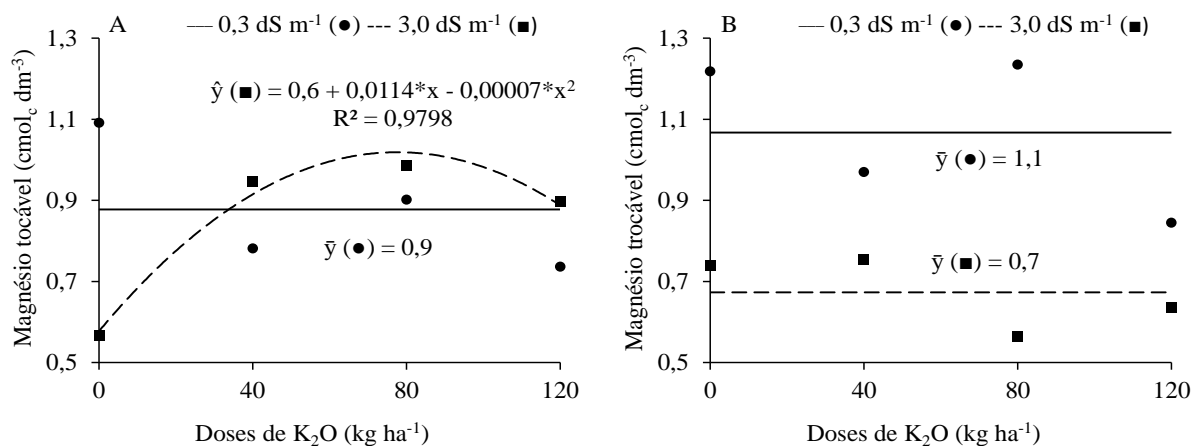


Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre os níveis de cobertura morta, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 1.15 Magnésio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, em áreas sem e com cobertura morta.

Os efeitos das doses de potássio sobre a concentração de magnésio trocável do solo podem ser observados na Figura 1.16. Nas áreas sem cobertura morta, sob irrigação com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, os dados não se ajustaram à regressão enquanto, sob irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ as maiores reduções do magnésio do solo foram obtidas antes e após à dose 81 kg ha^{-1}

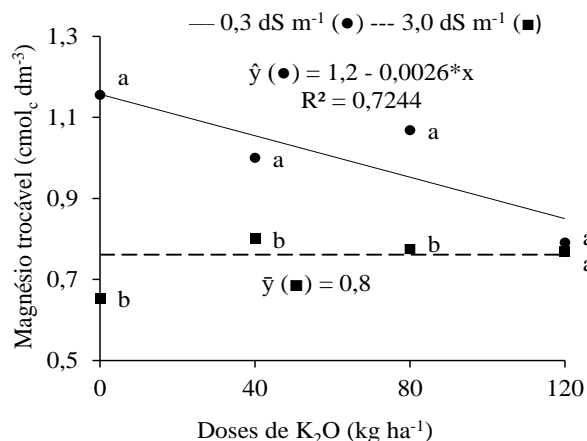
de K_2O (Figura 1.16A). Nessa situação o magnésio foi de $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, enquanto que, na ausência de aplicação de potássio permaneceu no solo apenas $0,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de magnésio. Nas áreas com cobertura morta, independentemente da salinidade da água, os dados não foram ajustados aos modelos de regressão em função das doses de potássio (Figura 1.16B).



*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.16 Magnésio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em áreas sem (A) e com (B) cobertura morta, sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, em função de doses de potássio.

Nos efeitos da interação entre doses de potássio e condutividade elétrica da água de irrigação, sobre o magnésio trocável do solo, observou-se nas áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ as maiores concentrações de magnésio quando comparada com as áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, exceto sob a dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O onde não existiu diferença (Figura 1.17). O aumento nas doses de potássio, nas áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, reduziu o magnésio trocável do solo em 3% a cada 10 kg ha^{-1} de K_2O aplicado.

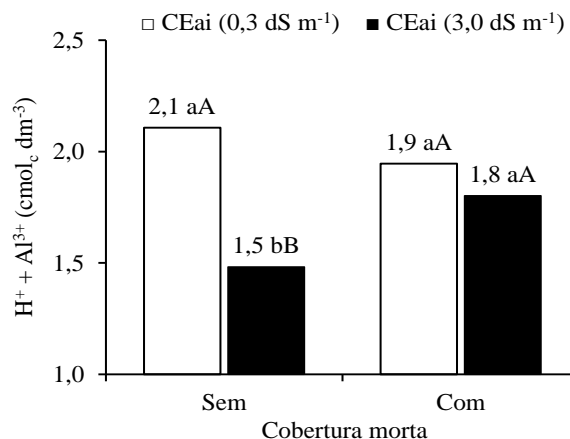


*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.17 Magnésio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

1.3.9 Acidez Potencial

A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) do solo foi influenciado apenas pela interação entre a prática da cobertura morta com a condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 1.3). A acidez potencial do solo, nas áreas sem cobertura morta, foi elevada com maior intensidade quando se irrigou com água de 0,3 dS m⁻¹ obtendo-se, em média, 2,1 cmol_c dm⁻³ o qual foi superior em 40% a acidez potencial das áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, de 1,5 cmol_c dm⁻³ (Figura 1.18). Nas áreas com cobertura não se observou diferença na acidez potencial do solo promovida pela salinidade da água de irrigação, com média de 1,9 cmol_c dm⁻³. O uso de cobertura morta, nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, não alterou a acidez potencial do solo, média de 2,0 cmol_c dm⁻³. Quando se utilizou água salina (3,0 dS m⁻¹) para a irrigação a acidez potencial do solo foi, em média, de 1,5 cmol_c dm⁻³ e 1,8 cmol_c dm⁻³ nas áreas sem e com cobertura morta, respectivamente com maior intensificação da acidificação do solo nas áreas com cobertura morta. Sendo que em todas as situações supracitadas, a acidez potencial do solo aumentou quando comparadas com a situação inicial do solo (0,3 cmol_c dm⁻³).



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre os níveis de cobertura morta, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 1.18 Acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em áreas sem e com cobertura morta.

Os efeitos das doses de potássio sobre a acidez potencial do solo podem ser observadas na Figura 1.19. Nas áreas sem cobertura morta e irrigada com água salina (3,0 dS m⁻¹) a acidez potencial do solo foi mais elevada na ausência de aplicação de potássio (1,8 cmol_c dm⁻³), estimando redução na acidificação em 3% a cada 10 kg ha⁻¹ de K₂O aplicado na forma de cloreto de potássio (Figura 1.19A). Nas áreas com cobertura morta, independentemente da salinidade da água de irrigação, não se observou tendências para as doses de potássio sobre a acidez potencial do solo (Figura 1.19B), como também na área sem cobertura morta, mas irrigadas com água salina (Figura 1.19A).

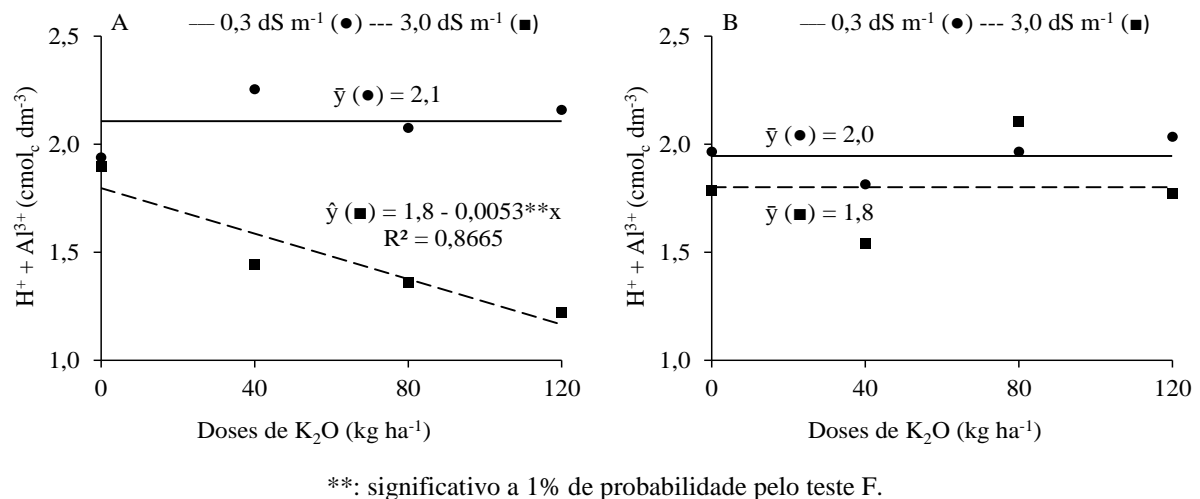


Figura 1.19 Acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em áreas sem (A) e com (B) cobertura morta, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 $dS\ m^{-1}$ (●) e 3,0 $dS\ m^{-1}$ (■), em função de doses de potássio

1.3.10 Fósforo

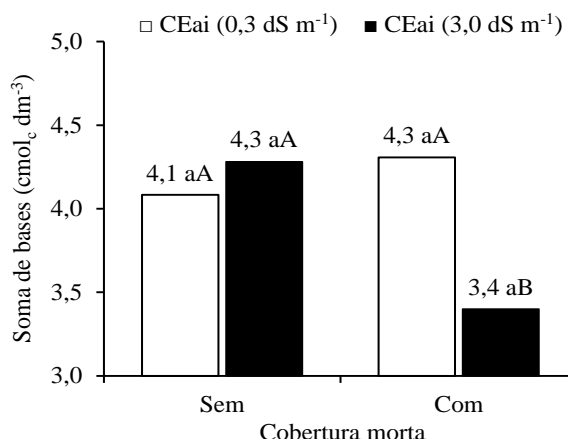
As variações nos teores de fósforo assimilável do solo não foram influenciadas pelos fatores avaliados (Tabela 1.3), com média 76,2 $mg\ dm^{-3}$ e 87,2 $mg\ dm^{-3}$ de fósforo no solo ao final das épocas de cultivo da primavera e do verão, respectivamente em comparação aos 129,1 $mg\ dm^{-3}$ inicial.

1.3.11 Soma de Bases

A soma de bases trocáveis do solo, na primavera, foi afetada apenas pela interação entre a condutividade da água de irrigação e a prática da cobertura; enquanto que, no verão encontraram-se efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação, como também da interação entre a prática da cobertura morta e as doses de potássio (Tabela 1.3).

Na primavera, nas áreas sem cobertura morta, não se obteve efeito da condutividade elétrica da água de irrigação, com média de 4,2 $cmol_c\ dm^{-3}$ de bases trocáveis (Figura 1.20). Nas áreas com cobertura morta obtiveram-se médias de 4,3 e 3,4 $cmol_c\ dm^{-3}$ de bases quando se utilizou as respectivas águas de 0,3 $dS\ m^{-1}$ e 3,0 $dS\ m^{-1}$ de condutividade elétrica na irrigação, redução de 21% devido ao uso da água de maior salinidade. Entre os níveis de cobertura morta, sob irrigação com água de 0,3 $dS\ m^{-1}$, não se observou diferença entre as áreas sem e com

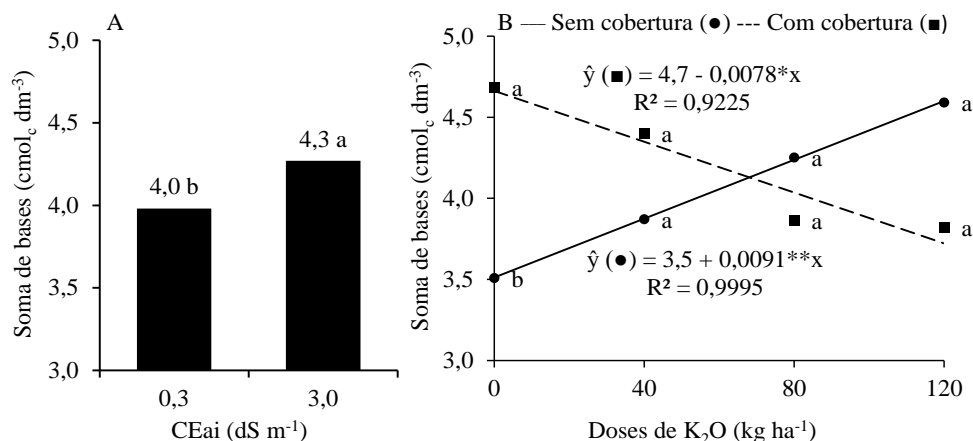
cobertura morta obtendo-se, em média, $4,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de bases trocáveis do solo. Com a irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, as áreas com ($3,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) uso de cobertura morta tiveram 21% a mais de redução das bases trocáveis do solo em comparação as áreas sem ($4,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) cobertura morta. Em todas as situações supracitadas, ocorreram reduções na soma de bases do solo quando comparada com a caracterização inicial do solo ($4,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre os níveis de cobertura morta, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 1.20 Soma de bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet na primavera, sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, em áreas sem e com cobertura morta.

No verão, nas áreas irrigadas com água não salina ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), estima-se que a soma de bases ($4,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) foi reduzida em 7% quando comparada com as áreas irrigadas com água salina ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$), onde se obteve $4,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (Figura 1.21A). Na avaliação da interação entre doses de potássio e a prática da cobertura morta observou-se que, considerando cada dose de potássio, apenas na ausência da aplicação deste mineral a soma de bases foi maior com o uso de cobertura morta e, sob as demais doses não se observou diferença (Figura 1.21B). Os efeito das doses de potássio sobre a soma de bases está diretamente relacionada com a prática da cobertura morta. A cada aumento de 10 kg ha^{-1} de K_2O aplicado ao solo, aumentou-se em 3% a soma bases trocáveis do solo nas áreas sem cobertura morta e, se reduziu em 2% nas áreas com cobertura morta.



Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).
 *: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.21 Soma de bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet no verão, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹ (A) e, em áreas sem e com cobertura morta em função de doses de potássio (B).

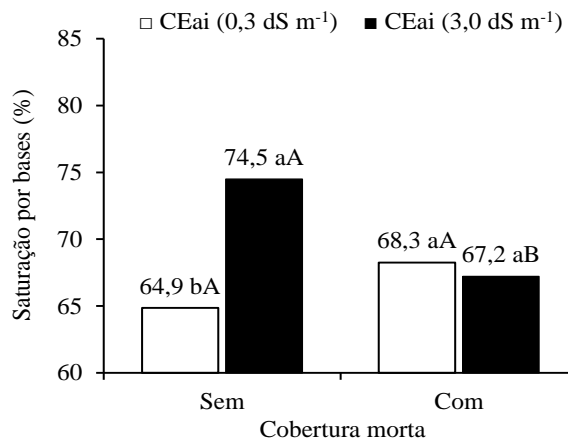
1.3.12 Capacidade de Troca de Cátions

A capacidade de troca de cátions do solo não foi afetada significativamente pelos fatores em estudo, obtendo-se, em média, 5,9 cmol_c dm⁻³ (Tabela 1.3), maior que a média de 4,8 cmol_c dm⁻³ antes dos cultivos com plantas de melancia cv. Crimson Sweet.

1.3.13 Saturação por Bases

A percentagem de saturação por bases do solo, inicialmente de 93,1%, foi influenciada apenas pela interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e a prática da cobertura morta (Tabela 1.3). Nas áreas sem o uso de cobertura morta observou-se que, a menor redução na saturação por bases foi obtida quando se irrigou com água 3,0 dS m⁻¹, sendo intensificada em 13% nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ (Figura 1.22). Nas áreas com cobertura morta, independentemente da água utilizada na irrigação, obteve-se, em média, 67,8% de saturação por bases. Nas áreas que se utilizaram água de 0,3 dS m⁻¹ para a irrigação não se observou efeito da prática da cobertura morta, com média de 66,6% de saturação por bases. Mas, com a irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹ o uso da cobertura morta intensificou a

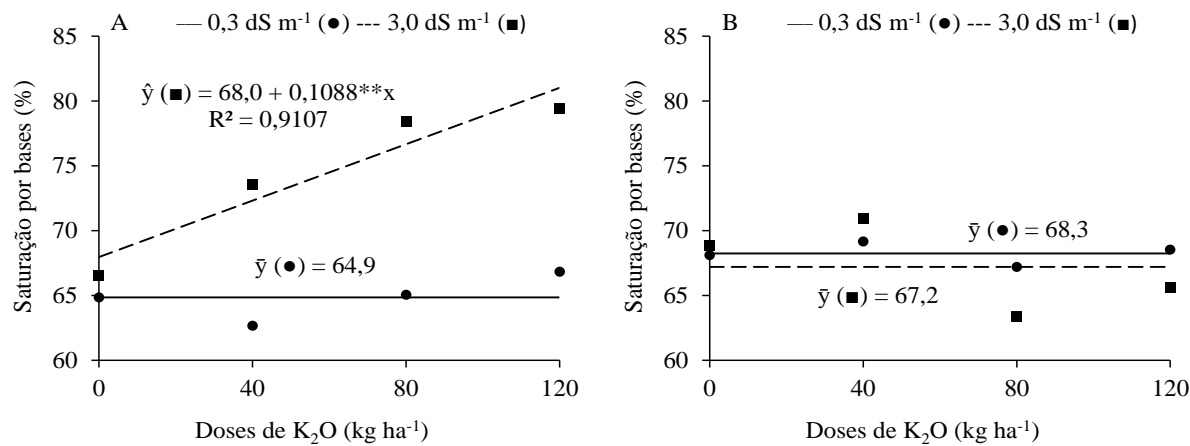
redução em 10% na saturação por bases, passando de 74,5% à 67,2% nas áreas sem e com cobertura morta, respectivamente.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre os níveis de cobertura morta, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 1.22 Saturação por bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em áreas sem e com cobertura morta.

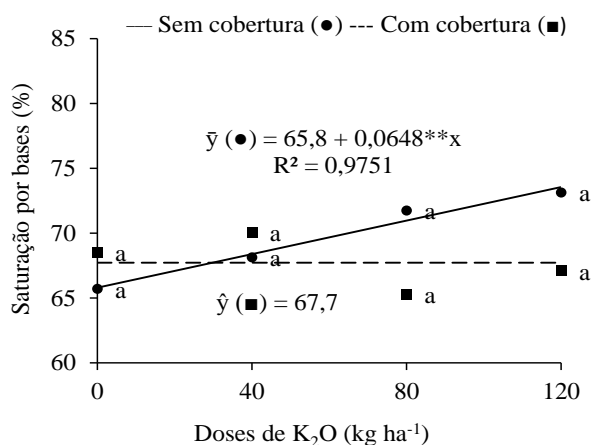
Os efeitos das doses de potássio sobre a percentagem de saturação por bases podem ser observados na Figura 1.23. Nas áreas sem cobertura morta, sob irrigação com água de 0,3 dS m⁻¹, os dados não se ajustaram à regressão enquanto, sob irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹ estima-se que a aumento na saturação por bases seja em torno de 2% para cada 10 kg ha⁻¹ de K₂O aplicado (Figura 1.23A). Nas áreas sem cobertura morta os dados não se ajustaram à regressão em função de doses de potássio (Figura 1.23B).



** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.23 Saturação por bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em áreas sem (A) e com (B) cobertura morta, sob irrigação com água e condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

Nos efeitos da interação entre doses de potássio e cobertura morta, sobre a saturação por bases do solo, não se observou diferenças entre os cultivos sem e com cobertura morta independentemente da dose de potássio (Figura 1.24). O aumento nas doses de potássio, nas áreas sem cobertura morta, elevou em 1% a saturação por bases a cada aplicação de 10 kg ha⁻¹ de K₂O aplicado, enquanto nas áreas com cobertura não observou-se efeito.



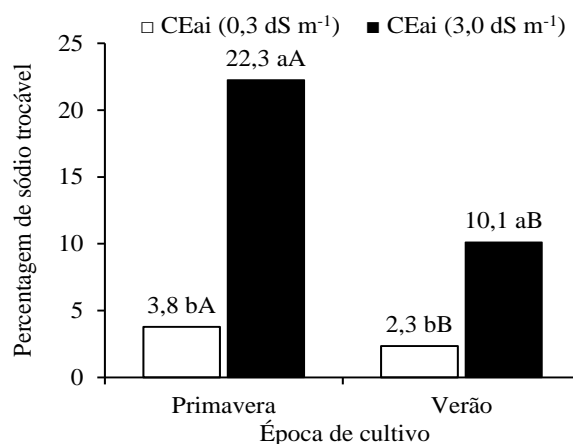
Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.24 Saturação por bases do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em áreas sem (●) e com (■) cobertura morta, em função de doses de potássio.

1.3.14 Percentagem de Sódio Trocável

A percentagem de sódio trocável do solo foi afetada pelos fatores condutividade elétrica da água de irrigação e épocas de cultivo, de forma isolada, e pela interação entre esses fatores (Tabela 1.3). A percentagem de sódio trocável, independentemente da época de cultivo, foi maior quando se utilizou água de maior salinidade (Figura 1.25). Elevando-se de 3,8% para 22,3%, na primavera, e de 2,3% para 10,1%, no verão, quando se aumentou a condutividade elétrica da água de irrigação de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ para $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. O maior acréscimo foi de 487% obtido na primavera e o menor de 339% no verão. A percentagem de sódio trocável foi menor no verão. Nas áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ a percentagem de sódio trocável foi de 3,8%, na primavera, e de 2,3%, no verão, redução no acúmulo de 39%. No solo irrigado com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, a redução na percentagem de sódio trocável foi de 55%, ou seja, na primavera 22,3% e no verão 10,1% de percentagem de sódio trocável.

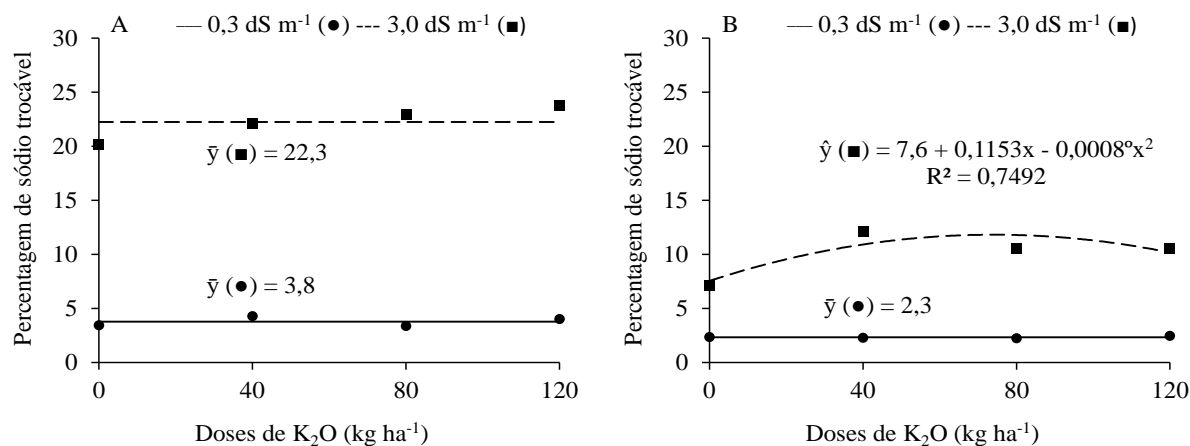


Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 1.25 Percentagem de sódio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, em cultivos de primavera e verão.

Os efeitos das doses de potássio sobre a percentagem de sódio trocável do solo podem ser observados na Figura 1.26. Na primavera os dados não se ajustaram à regressão em função de doses de potássio (Figura 1.26A). No verão, sob irrigação com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, também não se obteve ajuste dos dados da percentagem de sódio trocável à regressão em função da adubação potássica (Figura 1.26B). Nas áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, observou-se

que a percentagem de sódio trocável do solo aumentou até a dose de 72 kg ha⁻¹ de K₂O. Estimando-se, sob essa dose, que a percentagem de sódio trocável chegou a 11,8%, representando aumento de 58% em comparação a percentagem de sódio trocável de 7,6% obtido na ausência de aplicação de potássio.



°: significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Figura 1.26 Percentagem de sódio trocável do solo após o cultivo com plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

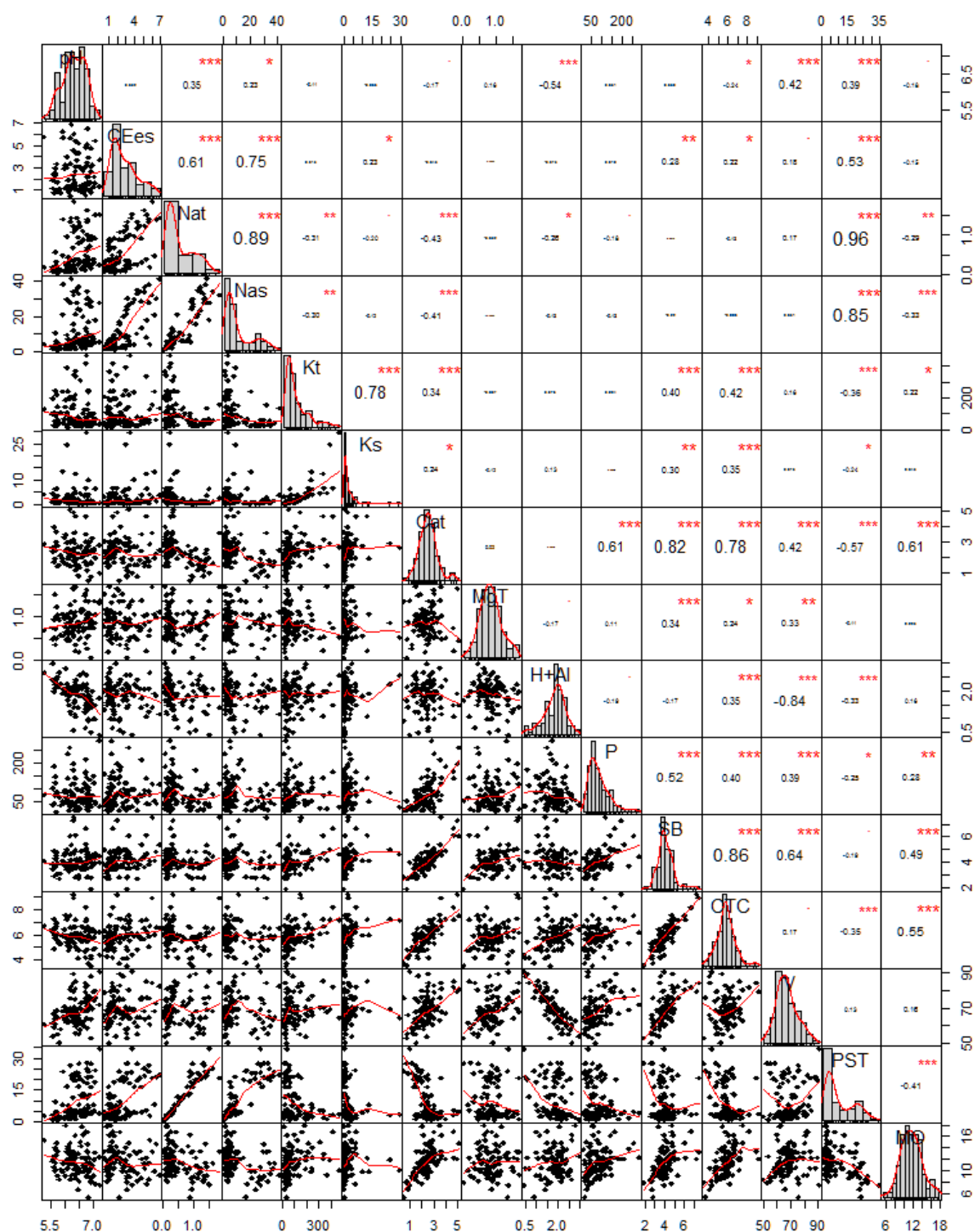
1.3.15 Matéria Orgânica

As diferenças na matéria orgânica do solo não puderam ser atribuídas aos fatores em estudo (Tabela 1.3), obtendo-se ao final das épocas de cultivo, em média, 10,7 mg kg⁻¹ na época da primavera e de 12,4 mg kg⁻¹ na época do verão. Sendo essas médias próximas ao valor inicial do solo de 10,9 mg kg⁻¹ de matéria orgânica (Tabela 1.1).

1.3.16 Análises de Correlação e Multivariadas

As correlações entre variáveis de solo podem ser observadas na Figura 1.27. Os maiores valores de correlações foram observados entre as variáveis sódio trocável e percentagem de sódio trocável ($\rho = 0,96$), sódio trocável e sódio solúvel ($\rho = 0,89$), soma de base e capacidade de troca de cátions ($\rho = 0,86$), sódio solúvel e percentagem de sódio trocável ($\rho = 0,85$), cálcio trocável e soma de bases ($\rho = 0,82$), cálcio trocável e capacidade de troca de cátions ($\rho = 0,78$),

potássio trocável e potássio solúvel ($\rho = 0,78$) e, condutividade elétrica do extrato de saturação e sódio solúvel ($\rho = 0,75$). As menores correlações foram entre a acidez potencial e a saturação por bases ($\rho = -0,84$) e, entre cálcio trocável e percentagem de sódio trocável ($\rho = -0,57$).



pH = potencial hidrogeniônico (pH); CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação; NaT = sódio trocável (NaT); NaS = sódio solúvel; KT = potássio trocável; KS = potássio solúvel; CaT = cálcio trocável; MgT = magnésio trocável; H+Al = acidez potencial; P= Fósforo; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca da cátions; V = saturação por bases; PST= percentagem de sódio trocável e; MO = matéria orgânica.

*, ** e ***: significativo a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 1.27 Correlação de Pearson entre variáveis químicas do solo.

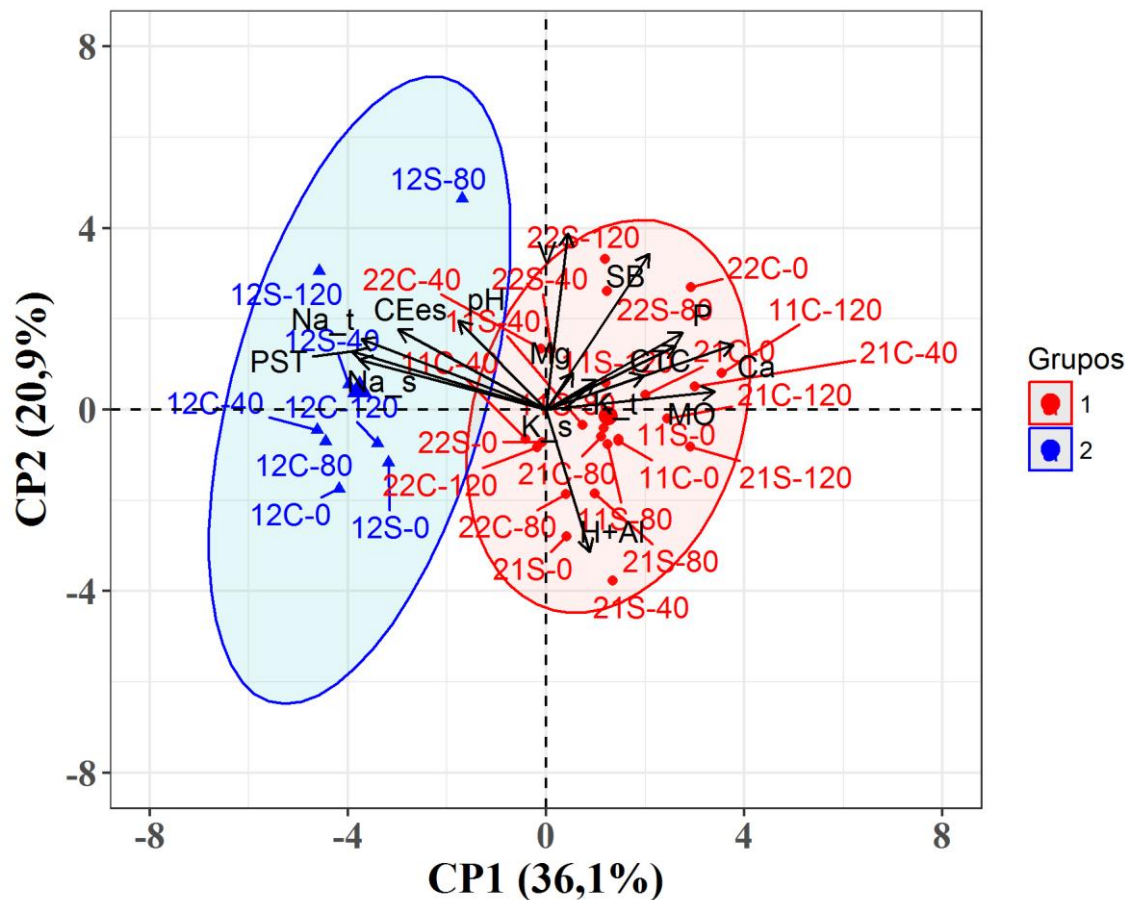
Na análise de componente principal, as 15 variáveis foram resumidas em três componentes, com 71,7% da variação total (Tabela 1.4). O primeiro componente, que explica 38,6% da variabilidade total, está relacionado principalmente aos processos de sodificação e de salinização do solo, com elevada associação entre percentagem de sódio trocável, sódio solúvel e trocável e, condutividade elétrica da água de irrigação e, contrapondo estão cálcio trocável, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions e fósforo, com elevada correlação entre si. O componente 2, com 20,9% da variabilidade total, representa a fertilidade do solo, com associação à percentagem de saturação por bases e a soma de bases trocável e, em oposição, a acidez potencial. No componente 3, que engloba 12,2% da variabilidade total, verifica-se a dinâmica de cátions no solo, com relação a sorção de potássio no solo e ao magnésio trocável do solo.

Tabela 1.4 Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP) das variáveis químicas do solo após cultivos com plantas de melancia cv. Crimson Sweet

	CP1	CP2	CP3
Autovalor (λ)	5,8	3,1	1,8
Variância explicada (%)	38,6	20,9	12,2
Variância acumulada (%)	38,6	59,5	71,7
Autovetores ¹			
Potencial hidrogeniônico (pH)	0,172	0,260	0,086
Condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes)	0,289	0,233	0,018
Sódio trocável (NaT)	0,363	0,203	-0,058
Sódio solúvel (NaS)	0,366	0,144	-0,108
Potássio trocável (KT)	-0,191	0,098	0,574
Potássio solúvel (KS)	-0,098	0,085	0,610
Cálcio trocável (CaT)	-0,367	0,189	-0,066
Magnésio trocável (MgT)	-0,053	0,108	-0,400
Acidez potencial (H+Al)	-0,087	-0,413	-0,112
Fósforo (P)	-0,267	0,223	-0,162
Soma de bases (SB)	-0,201	0,453	-0,100
Capacidade de troca da cátions (CTC)	-0,253	0,185	-0,172
Saturação por bases (V)	-0,042	0,511	0,053
Percentagem de sódio trocável (PST)	0,380	0,168	-0,017
Matéria orgânica (M.O.)	-0,329	0,054	-0,172

¹O critério utilizado para separar as variáveis representativas do componente foi baseado no módulo da relação $0,5(\lambda^{-0,5})$, estando destacada em negrito (OVALLES; COLLINS, 1988).

De acordo com a análise de agrupamento, foi possível formar dois grupos com os tratamentos (Figura 1.28). O primeiro grupo, relacionado as variações da química do solo no verão, está associada a fertilidade do solo favorecida pela adubação potássica e possíveis contribuições do uso da cobertura morta. O segundo grupo foi caracterizado, praticamente, pela época de cultivo da primavera e o uso de água de maior salinidade ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$), onde observou-se os processos de sodificação e salinização do solo.

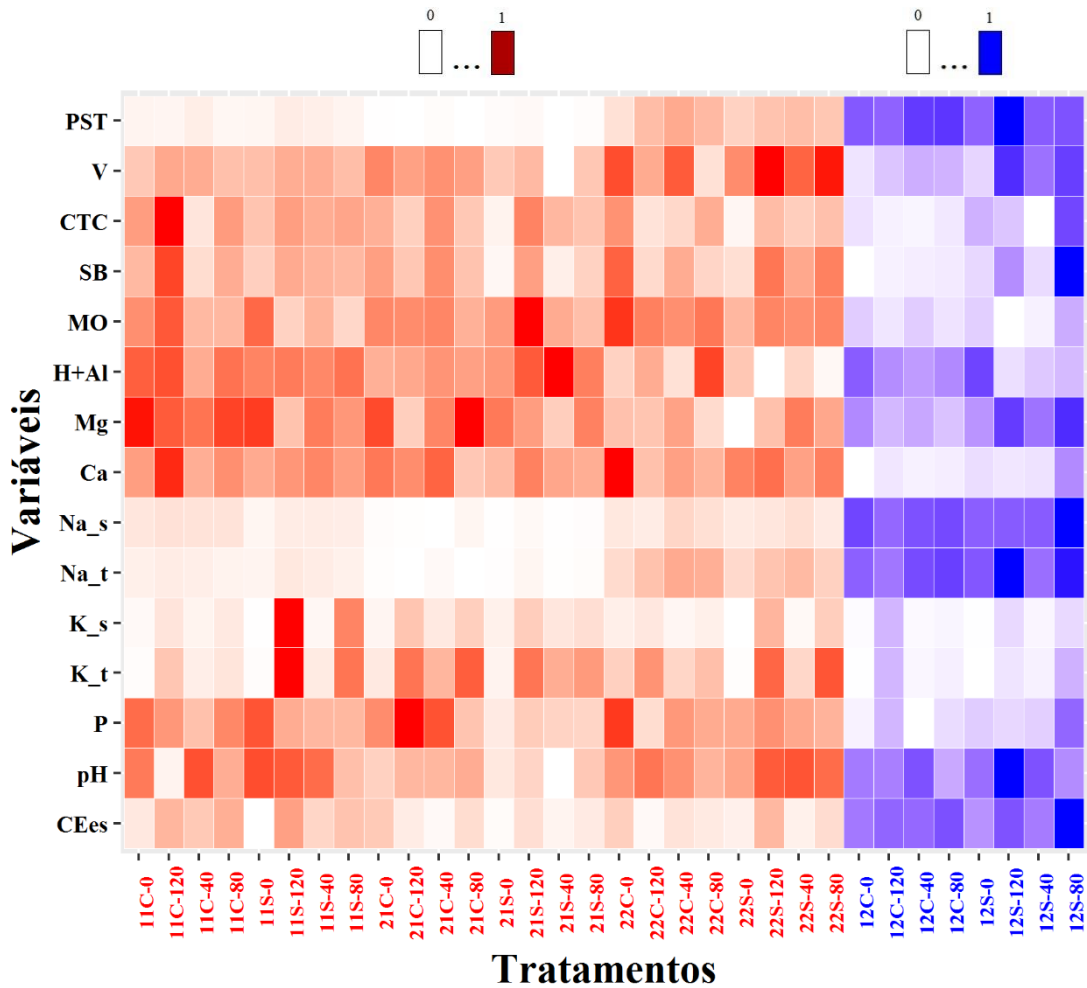


Tratamento	EC	CEai (dS m^{-1})	CM	K (kg ha^{-1} de K_2O)
11S-0	1 – primavera	1 – 0,3	S – sem	0
.	.	.	.	40
.	.	.	.	80
22C-120	2 – verão	2 – 3,0	C – com	120

pH = potencial hidrogeniônico (pH); CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação; NaT = sódio trocável (NaT); NaS = sódio solúvel; KT = potássio trocável; KS = potássio solúvel; CaT = cálcio trocável; MgT = magnésio trocável; H+Al = acidez potencial; P= Fósforo; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca da cátions; V = saturação por bases; PST= percentagem de sódio trocável e; MO = matéria orgânica.

Figura 1.28 Dispersão das variáveis químicas do solo e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.

A variação dos valores normalizados das variáveis em todos os tratamentos dos três grupos formados pode ser visualizada na Figura 1.29. No grupo 1 observa-se que onde se aplicou potássio obtive-se os maiores valores de potássio trocável e solúvel, acidez potencial e matéria orgânica, quando não se utilizou cobertura morta no solo, e de fósforo, magnésio trocável, soma de bases e capacidade de troca de cátions, nas áreas com cobertura morta. No grupo 2, verifica-se que os maiores valores de potencial hidrogeniônico, sódio trocável e solúvel, percentagem de sódio trocável e condutividade elétrica do extrato de saturação foram obtidos nas áreas sem cobertura morta com altas doses de potássio.



Tratamento	EC	CEai (dS m ⁻¹)	CM	K (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
11S-0	1 – primavera	1 – 0,3	S – sem	0
11C-0				40
11C-120				80
22C-120	2 – verão	2 – 3,0	C – com	120

pH = potencial hidrogeniônico (pH); CEes = condutividade elétrica do extrato de saturação; NaT = sódio trocável (NaT); NaS = sódio solúvel; KT = potássio trocável; KS = potássio solúvel; CaT = cálcio trocável; MgT = magnésio trocável; H+Al = acidez potencial; P= Fósforo; SB = soma de bases; CTC = capacidade de troca de cátions; V = saturação por bases; PST= percentagem de sódio trocável e; MO = matéria orgânica.

Figura 1.29 Heatmap dos valores normalizados na escala de 0 (menor) a 1 (maior) das variáveis química do solo que compõem os dois grupos.

1.4 DISCUSSÃO

A condutividade elétrica da água de irrigação, entre os fatores estudados, foi o que mais influenciou as características químicas do solo. A condutividade elétrica, da água ou do extrato de saturação do solo, é uma medida indireta quantitativa da concentração de sais solúveis que também depende da natureza dos íons dissolvidos e varia com a temperatura. Por isso, sob a mesma lâmina de irrigação observou-se os processos de salinização (Figura 1.4) e sodificação (Figura 1.9, Figura 1.25), este com maior intensidade, do solo com uso da água de maior condutividade elétrica.

O aumento na concentração de sais na água de irrigação eleva a salinidade do solo como evidenciado por Dias et al. (2004) e Porto Filho et al. (2011), com a cultura do melão, e Silva et al. (2011b), em feijão-de-corda, ao registrarem aumento linear na condutividade elétrica do extrato de saturação do solo com aumento da salinidade da água de irrigação. A composição química da água de irrigação constitui fator determinante nas alterações químicas do solo, pois íons predominantes na água poderão predominar no solo após as irrigações. Como evidenciado neste trabalho, onde o sódio trocável contribuiu com 5% e 22% na soma de bases trocáveis do solo sob irrigação com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, respectivamente. Nesse sentido, Moraes et al. (2011) observaram aumento expressivo no sódio do solo após irrigaram o cultivo de girassol com água de salina ($3,53 \text{ dS m}^{-1}$) com elevado teor de sódio ($27,7 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$).

Existem fatores, além da salinidade água de irrigação, que podem afetar a composição química dos solos e até mesmo reduzir ou alterando o sentido dos efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação. Como exemplo podemos citar os fertilizantes minerais que podem alterar tanto o pH como a pressão osmótica da solução do solo sendo, o cloreto de potássio um adubo neutro mas com elevado índice salino (ALCARDE, 2007). Por isso, observou-se nesse trabalho tendência de aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo relacionada a aplicação de cloreto de potássio nas áreas irrigadas com água não salina (Figura 1.4B). Efeito também observado por Peixoto, Guerra e Chaves (2006) aplicando cloreto de potássio em cultivo de coqueiro anão.

Os efeitos da adubação potássica associados à irrigação com água salina resultaram no aumento de sódio solúvel (Figura 1.9) e redução do magnésio trocável (Figura 1.17) do solo. Isoladamente a aplicação de cloreto de potássio elevou o potássio trocável (Figura 1.11B) e solúvel (Figura 1.12B) do solo. O aumento dos elementos minerais trocáveis no solo são marcadas pelos efeitos quantitativos, aplicações de potássio leva até certa dose aumento deste

elemento no solo, e de densidade de carga dos cátions. A densidade de carga representa a carga do íon e o raio de hidratação, onde cátions de maior densidade são mais retidos nas cargas negativas do solo (NOVAIS; MELLO, 2007).

Ao avaliarem doses de potássio em cobertura no cultivo de abóbora, Araújo et al. (2012) observaram aumento linear desse elemento no solo em função das doses de cloreto de potássio aplicada. Peixoto, Guerra e Chaves (2006) também observaram aumento do potássio no solo com aumento da adubação potássica mas, não identificaram efeito desta adubação sobre os demais cátions trocáveis do solo. Observou-se neste trabalho, cultivando plantas de melancia cv. Crimson Sweet, a redução do magnésio trocável do solo ocasionado pelo aumento do sódio pela água de irrigação ou com o aumento do potássio via adubação (Figura 1.17). Podendo ter ocorrido, dessa forma, o deslocamento e substituição do magnésio pelo sódio ou pelo potássio, ou seja, troca iônica. Conforme Novais e Mello (2007) no processo de troca iônica os íons adsorvidos aos coloides podem ser deslocados e substituídos estequiometricamente por íons de mesmo tipo de carga e; essa desorção pode levar até a perda de nutrientes por precipitação ou lixiviação. Ao avaliar a composição química de lixiviado, durante cultivo de cebola irrigado com água salina, Pessoa et al. (2010) observaram aumento tanto na condutividade elétrica, como nos cátions com aumento da condutividade elétrica da água de irrigação.

Práticas culturais, como a cobertura morta do solo, também alteraram os efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação sobre os atributos químicos do solo. Nas áreas sem cobertura morta, o magnésio trocável do solo não variou em função da salinidade da água mas, a prática da cobertura morta reduziu a perda de magnésio sob a irrigação com água não salina e intensificada no solo irrigado com água salina (Figura 1.15) refletindo esse comportamento sobre a soma de bases trocáveis do solo (Figura 1.20). Esses efeitos da cobertura morta do solo estão, provavelmente, relacionados a diminuição de possíveis drenagens do solo irrigado com água não salina e ao efeito negativo do excesso de sódio na dinâmica do magnésio. Como também se pôde constatar com a acidez potencial do solo, acentuada nas áreas sem cobertura morta e irrigada com água não salina (Figura 1.18), favorecida com a diminuição de bases trocáveis do solo por eventuais drenagens.

Fatores meteorológicos, principalmente relacionados à precipitação pluviométrica, também podem alterar os efeitos da condutividade elétrica da água de irrigação. A umidade relativa média do ar e a precipitação pluviométrica foram maiores no período do verão em comparação à primavera, enquanto que a temperatura média do ar e evapotranspiração de referência foram maiores na primavera do que no verão (Figura 1.2). Dessa forma, no período

da primavera precisou-se de maior lâmina de irrigação levando, conseqüentemente, a incremento acentuado no sódio trocável (Figura 1.7) e por conseguinte na percentagem de sódio trocável (Figura 1.25). Quanto ao cálcio trocável, o fenômeno provável de sua redução na época da primavera está relacionado ao excesso de sódio via irrigação que substituiu parte do cálcio dos coloides como também ocorreu com magnésio. Essas relações de troca iônica são situações comuns na dinâmica do solo (NOVAIS; MELLO, 2007).

Também é relevante destacar que a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo foi elevada nas duas épocas de cultivo, sendo mais acentuada na primavera (Figura 1.5A). Esse comportamento, como já explanado, está relacionado a maior necessidade de irrigação e conseqüentemente maior adição de sódio no solo (Figura 1.7) e, em parte, ao aumento de potássio via adubação. Ressaltando que o cloreto de potássio, utilizado com fonte de potássio, é um adubo com elevado índice salino (ALCARDE, 2007). O potássio trocável do solo também foi afetado pela época de cultivo, sendo a maior redução observada na primavera (Figura 1.11A), onde se obteve maior acúmulo de sódio e que provavelmente acentuou a perda de potássio.

Os efeitos das doses de potássio, sobre a química do solo cultivado com plantas de melancia Crimson Sweet, esteve em dependência do uso de cobertura morta. Nas áreas sem cobertura morta a adubação potássica elevou a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (Figura 1.6), estando relacionado também a elevação na soma de bases trocáveis do solo (Figura 1.21B) e este refletido diretamente na saturação por bases (Figura 1.24). Os efeitos da adubação potássica estiveram relacionados também a época de cultivo, refletindo alterações no potencial hidrogeniônico (Figura 1.3B). Ocorrendo no verão, sob as menores doses da adubação potássica, redução do pH. Como nesta época ocorreram maiores precipitações pluviométricas (Figura 1.2) ocorreu, provavelmente, lixiviação de bases trocáveis do solo.

1.5 CONCLUSÕES

O uso de irrigação em Neossolo Regolítico cultivado com melancia elevou a condutividade elétrica do extrato de saturação, devendo ser utilizada com moderação em épocas de maior necessidade de aplicação de água como na primavera;

A condutividade elétrica do extrato de saturação do Neossolo Regolítico foi aumentada pela irrigação, com maior intensidade com a água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, mas não o tornou de caráter salino;

A adubação com cloreto de potássio pode ser utilizado eficientemente para elevar os teores de potássio trocável e solúvel do solo, mas com reflexo negativo devido ao aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do Neossolo Regolítico.

1.6 REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 737–768.
- ALLEN, R. G. et al. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Itália: FAO (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 56), 2006. 298p.
- AMARAL, U. do et al. Influência da cobertura morta em mini melancia “Sugar baby” no início da frutificação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 164–170, 2016.
- ARAÚJO, H. S. et al. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 469–475, 2012.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A Qualidade da Água na Agricultura**. Campina Grande: FAO (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29), 1999. 153p.
- BRASIL. **I - Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Paraíba; II- Interpretação para uso Agrícola dos Solos da Paraíba**. Rio de Janeiro: Convênio MA/CONTAP/USAID/BRASIL (Boletim Técnico, nº 15), 1972. 683p.
- BRUULSEMA, T.; LEMUNYON, J.; HERTZ, B. Fundamentos para utilização correta do seu fertilizante. **Informações Agronômicas**, v. 126, p. 15–18, 2009.
- CARVALHO, J. F. de et al. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 256–263, 2011.
- CASARIN, V.; STIPP, S. R. Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **Informações Agronômicas**, v. 142, p. 14–20, 2013.
- CAVALCANTE, L. F. et al. Água para agricultura: irrigação com água de boa qualidade e água salina. In: CAVALCANTE, L. F. (Ed.). **O maracujazeiro amarelo e a salinidade da água**. João Pessoa: Sal da Terra, 2012. p. 17–65.
- CAVALCANTI, F. J. de A. (Ed.). **Recomendações de adubação para o estado de pernambuco: 2ª aproximação**. 3ª ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.
- CHEW, V. Statistical hypothesis testing: an academic exercise in futility. **Proceedings of the Florida State**, v. 90, n. 1, p. 214–215, 1977.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2005. 176p.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama do Enquadramento dos Corpos d’Água do Brasil e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2007. 124p.
- COSTA, A. R. F. C. da et al. Produção e qualidade de melancia cultivada com água de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 947–954, 2013.
- DIAS, N. da S. et al. Evolução da salinidade em um Argissolo sob cultivo de melão irrigado por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2/3, p. 240–246, 2004.

- DIAS, N. da S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. DE (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 129-141.
- DONAGEMA, G. K. et al. (Eds.). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- FERREIRA, V. M. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da melancia na microrregião de Teresina, PI, Brasil. **Communicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 488–494, 2015.
- HUSSON, F.; LÊ, S.; PAGÈS, J. **Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R**. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2010. 236p.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. 42º ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. 45p.
- IBGE. **Atlas Nacional Digital do Brasil**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional/>. Acesso em: 17 set. 2016.
- IDEME. **Anuário Estatístico - Paraíba 2016**. João Pessoa: Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual (IDEME), 2013. 3141p.
- MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3ª ed. San Diego: Elsevier®, 2012. 651p.
- MINGOTI, S. A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297p.
- MORAIS, F. A. de et al. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. **Revista Ciencia Agronomica**, v. 42, n. 2, p. 327–336, 2011.
- NOVAIS, R. F.; MELLO, J. W. de. Relação Solo-Planta. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. 1ª ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 133–204.
- OVALLES, F. A.; COLLINS, M. E. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 5, n. 8402, p. 1430–1435, 1988.
- PEARSON, E. S.; HARTLEY, H. **Biometrika Tables for Statisticians**. Cambridge: Un. Press., 1956. 238p.
- PEIXOTO, J. F. S.; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G. Alterações de Atributos Químicos do Solo Pela Fertirrigação com Nitrogênio e Potássio. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 27, n. 2, p. 69–76, 2006.
- PESSOA, L. G. M. et al. Composição química e salinidade do solo lixiviado em dois solos cultivados com cebola irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 406–412, 2010.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15ª ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.
- PORTO FILHO, F. de Q. et al. Evolução da salinidade e pH de solo sob cultivo de melão irrigado com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1130–1137, 2011.
- PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, G. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 143-159.

- SANTOS, F. J. S. et al. **Manejo da irrigação da melancia: uso do Tanque Classe “A”**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical (Circular Técnica, 20), 2004. 12p.
- SANTOS, H. G. et al. (Eds.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- SAS. **Base SAS® 9.3 Procedures Guide: Statistical Procedures**. 2ª ed. Cary: SAS Institute Inc., 2012. 544p.
- SILVA, E. M. P. da et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da melancia em solo sob palhada e preparo convencional. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 154–164, 2015.
- SILVA, F. L. B. da et al. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de-corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 383–389, 2011b.
- SILVA, V. P. R. da et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131–138, 2011a.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- TEAM, R. C. **R: A language and environment for statistical computing** ViennaR Foundation for Statistical Computing, , 2016. Disponível em: <R-project.org>
- ZONG, L. et al. Effect of different irrigation water salinities on some yield and quality components of two field-grown Cucurbit species. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 35, n. 3, p. 297–307, 2011.

CAPÍTULO II

Fisiologia de melancia em Neossolo sob os manejos da salinidade hídrica, cobertura e adubação potássica

RESUMO

O Nordeste brasileiro é o maior produtor de melancia nacional, mas com produtividade ainda baixa. A maior limitação para a agricultura, na maior parte desta região, está relacionada a baixa disponibilidade de água em quantidade e qualidade. Muitas fontes de água possuem restrições devido ao excesso de sais, que degrada o solo, alteram a fisiologia e a produção das plantas. Dessa forma, objetivou-se avaliar variáveis fisiológicas em plantas de melancia cv. Crimson Sweet sob os manejos da irrigação com água salina, cobertura do solo e doses de potássio nos cultivos de primavera e verão. Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, sendo a parcela principal constituída pela condutividade elétrica da água de irrigação ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$), e as subparcelas das combinações entre níveis de cobertura do solo (sem e com) e doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de K_2O), obedecendo o respectivo esquema $2 \times 2 \times 4$. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados. As avaliações fisiológicas, determinadas no início da frutificação, foram realizadas no limbo foliar das folhas de diagnóstico nutricional da cultura da melancia. Foram determinados os índices foliares de clorofila *a*, *b* e *total* mensuradas com clorofiLOG da Falker[®], as fluorescências da clorofila *a* utilizou-se fluorômetro portátil modelo OS-30p da Opti-Sciences[®], e as trocas gasosas através do analisador de gás na fase infravermelho (IRGA) modelo LCpro-SD da BioScientific[®]. Os dados foram submetidos as análises de variância (ANOVA), correlação de Pearson (ρ) e componentes principais (ACP). Também foi elaborado Heatmap com intuito de sintetizar as informações. As condições ambientais na primavera foram mais estressantes às plantas, evidenciadas pela menor eficiência quântica do fotossistema II, maior fluorescência inicial e máxima da clorofila *a*, e maior índice de clorofila *b*. A assimilação líquida de gás carbônico, eficiência no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação foram maiores na primavera. A água salina diminuiu a condutância estomática e a transpiração, aumentando a eficiência no uso da água. Doses elevadas de potássio aumentaram a clorofila, a concentração interna de gás carbônico, a condutância estomática e a transpiração das plantas. O aumento de doses de potássio no solo, em áreas irrigadas com água salina, diminuiu os índices foliares de clorofila *a* e *total*.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*; Crimson Sweet; Trocas gasosas; Fluorescência; Clorofila.

ABSTRACT

The Brazilian Northeast is the largest producer of national watermelon, but with still low productivity. The biggest limitation for agriculture, in most of this region, is related to low water availability in quantity and quality. Many water sources are restricted due to excess salts, which degrade the soil, alter the physiology and production of plants. Thus, the objective was to evaluate physiological variables in watermelon plants cv. Crimson Sweet under irrigation management with saline water, soil cover and potassium doses in spring and summer crops. The treatments were organized in split-plot, with the main plot consisting of the electrical conductivity of irrigation water (0.3 dS m^{-1} and 3.0 dS m^{-1}), and the subplots of the combinations of levels of soil cover (without and with) and doses of potassium (0, 40, 80 and 120 kg ha^{-1} of K_2O), obeying the respective $2 \times 2 \times 4$ scheme. A randomized complete block design was used. The physiological, determined at the beginning of fruiting, were held in the leaf blade of nutritional diagnosis leaves of watermelon crop. The foliar indexes of chlorophyll *a*, *b* and *total* measured with Falker® chlorofiLOG, the chlorophyll fluorescence were measured using an Opti-Sciences® model OS-30p portable fluorometer, and at gas exchanges through the infrared gas analyzer (IRGA) model LCpro-SD from BioScientific®. The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), Pearson correlation (ρ) and main components (PCA). It was also prepared Heatmap aiming to synthesize the information. The environmental conditions in the spring were more stressful to the plants, evidenced by the lower quantum efficiency of photosystem II, greater initial and maximum fluorescence of chlorophyll *a*, and higher chlorophyll *b*. The net assimilation of carbon dioxide, water use efficiency and instantaneous carboxylation efficiency were higher in the spring. The saline water decreased stomatal conductance and transpiration, increasing efficiency in water use. High doses of potassium increased chlorophyll, the internal concentration of carbon dioxide, stomatal conductance and transpiration of plants. The increase of potassium doses in the soil, in areas irrigated with saline water, decreased the foliar indexes of chlorophyll *a* and *total*.

Key words: *Citrullus lanatus*; Crimson Sweet; Gas exchange; Fluorescence; Chlorophyll.

2.1 INTRODUÇÃO

A cultura da melancia é produzida praticamente no mundo inteiro. Em 2014 a maior produção foi na Ásia, seguido pela África, Américas, Europa e Oceania, e entre os países com maior produção o Brasil foi quarto maior, ficando atrás da China, Turquia e Iran (FAOSTAT, 2014). No Brasil a cultura é produzida em todo território (IBGE, 2015), sendo a diversidade edafoclimática brasileira um dos fatores determinante no rendimento da melancieira. Com o cultivar de melancia Crimson Sweet foram encontradas produtividades de 36,0 t ha⁻¹ no município de Santa Rita de Cássia-BA (MONÇÃO et al., 2012), de 50,7 t ha⁻¹ no município de Paraipaba-CE (MIRANDA; MONTENEGRO; OLIVEIRA, 2005), de 63,2 t ha⁻¹ no município de Boa Vista-RR (CARMO et al., 2015) e, de 87,9 t ha⁻¹ no município de Belém-PA (SILVA et al., 2015a), representando uma amplitude de 144%.

É fundamental se conhecer as limitações ambientais e realizar um planejamento que atenda as demandas locais, para conseguir o máximo rendimento econômico das culturas. Uma das maiores limitações à agricultura na região semiárida do Nordeste brasileiro, onde se inclui a maior parte de estado paraibano, é a disponibilidade de água; onde às chuvas são espaço-temporalmente desuniformes (SILVA et al., 2011) e as fontes de água muitas vezes possuem restrições para o uso agrícola devido ao excesso de sais (CONEJO, 2005, 2007). Barroso et al. (2011), avaliando a qualidade da água para irrigação no sul do estado do Ceará, observaram que as fontes subterrâneas apresentam maior risco de salinização e sodificação que os mananciais de superfície. A consequência direta do excesso de sais dissolvidos na água de irrigação é o aumento na concentração desses sais no solo, com efeitos degradativos sobre às propriedades físico-químicas do solo, no crescimento, desenvolvimento, produção das plantas e qualidade da produção.

De acordo com Prisco e Gomes Filho (2010), a salinidade prejudica diretamente os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas. Para esses autores as alterações iniciam na absorção de água, nutrientes e na permeabilidade de membranas; acarretando distúrbios no balanço hídrico e nutricional; mudanças no metabolismo; no balanço hormonal, trocas gasosas e produção de espécies reativas de oxigênio; na expansão e divisão celular; no crescimento vegetativo e reprodutivo; na senescência foliar e; eventualmente morte da planta. Por isso, o monitoramento de alterações fisiológicas nas plantas pode ser uma ferramenta adequada no diagnóstico de situações de estresse, como a salino, para a adoção de medidas mitigadoras que reduzam as perdas de produção.

Na cultura da melancia, entre outras, o aumento da salinidade promove diversas alterações fisiológicas. Em plantas de melancia foi observado que o aumento da salinidade reduz a área foliar, o acúmulo de biomassa, de macronutrientes, a condutância estomática, a concentração interna e a assimilação líquida de gás carbônico e a transpiração (COLLA et al., 2006; LUCENA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2016). Com a cultura do tomate Tatagiba et al. (2013), observaram reduções na condutância estomática, assimilação líquida de gás carbônica, transpiração, tores foliares de clorofila *a*, *b* e *total*, na fluorescência inicial e máxima da clorofila *a* e na eficiência fotoquímica do fotossistema II ocasionado pelo aumento da salinidade. Sendo também documentado na literatura as relações entre estresses e a fluorescência da clorofila (BAKER, 2008; BAKER; ROSENQVIST, 2004).

A avaliação da fluorescência da clorofila *a* é uma ferramenta adequada na avaliação de situações estressantes em plantas. Nos estudos fotoquímicos as fluorescência inicial (F_o) e máxima (F_m) avaliam a máxima oxidação e a mínima redução da quinona, respectivamente, a fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) a capacidade do fotossistema II em realizar atividade fotoquímica e, a eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) determina a eficácia na utilização da luz absorvida pelo fotossistema II na redução da quinona (BAKER, 2008; BAKER; ROSENQVIST, 2004). Segundo Baker (2008), o aumento na fluorescência inicial ou a redução da fluorescência máxima são indicativos de estresse mas, um melhor indicativo seria redução na eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m).

Dessa forma a adoção de medidas que mitiguem os efeitos do excesso de sais devem ser adotadas. Como, por exemplo, o uso de cobertura morta no solo pode favorecer na atenuação do excesso de sais; à medida que esta prática cultural aumenta a eficiência no uso da água (CARVALHO et al., 2011), reduz a demanda hídrica (SILVA et al., 2015b), e também pode favorecer a diluição dos sais pois contribui na manutenção da umidade do solo. Um adequado manejo da adubação, orgânica e mineral, também pode mitigar os efeitos negativos do excesso de sais.

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos do manejo da irrigação com água salina, cobertura do solo e doses de potássio nos cultivos de primavera e verão em variáveis fisiológicas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet.

2.2 MATERIAL DE MÉTODOS

O trabalho constou de dois experimentos, o primeiro na primavera de 2015 e o segundo no verão de 2016, adotando-se os mesmos procedimentos experimentais para as pesquisas.

2.2.1 Caracterização do Local da Pesquisa

O experimento foi desenvolvido no sítio Macaquinhos, situado no município de Remígio, Paraíba, Brasil (Figura 2.1). O município localiza-se entre as coordenadas de 6° 51' 26" a 7° 1' 21" de latitude Sul, 35° 46' 20" a 35° 57' 01" de longitude a oeste de Greenwich (IBGE, 2016) e 562 m de altitude; microrregião do Curimataú e mesorregião do Agreste Paraibano (IDEME, 2013).

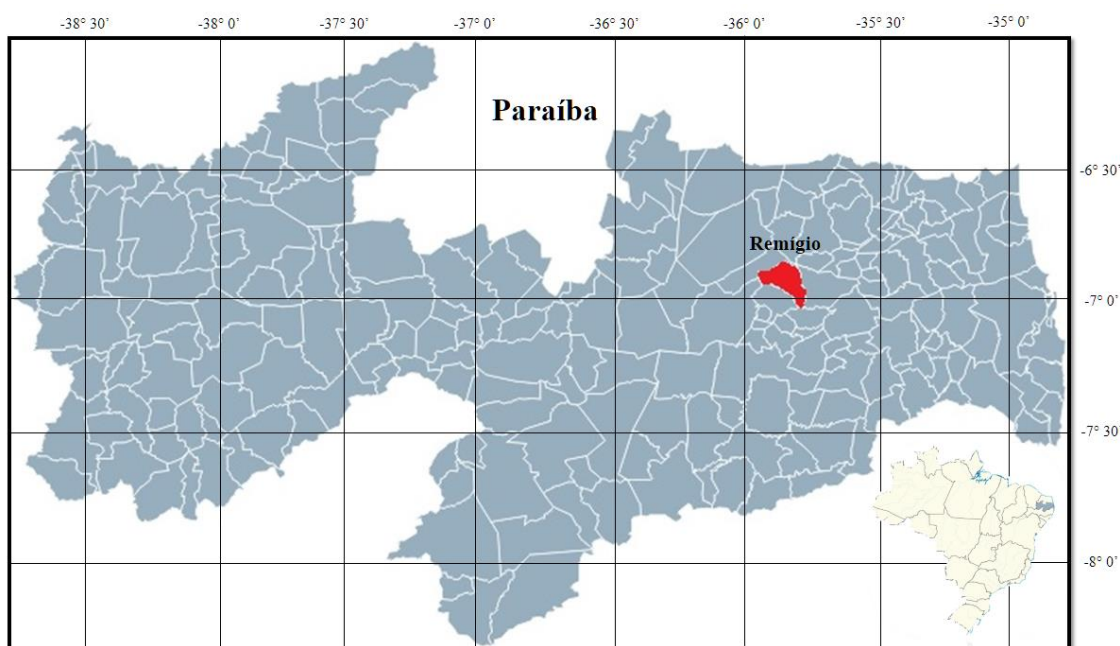


Figura 2.1 Localização geográfica do município de Remígio, Paraíba, Brasil.

A zona climática do município é do tipo As' segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical com chuvas de outono à inverno (BRASIL, 1972; IDEME, 2013). A época chuvosa se inicia no mês de fevereiro ou março e termina entre julho e agosto, com maior intensidade pluviométrica em junho ou julho. O período de seca começa em setembro e se prolonga até fevereiro, sendo mais acentuado na estação da primavera. A precipitação

pluviométrica média anual é de 700 mm, com umidade relativa média do ar de 80% e temperatura do ar entre 22°C e 26°C.

2.2.2 Tratamentos e Delineamento

Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, no esquema 2 x 2 x 4, correspondente à condutividade elétrica da água de irrigação (0,3 e 3,0 dS m⁻¹), aos níveis de cobertura morta sobre o solo (sem e com) e às doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O), respectivamente. A condutividade elétrica da água de irrigação foi a parcela principal e a combinação entre níveis de cobertura morta e doses de potássio a subparcela. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados. A unidade experimental, subparcela, foi constituída por uma linha de cultivo contendo sete plantas distanciadas entre si em 1 metro, na densidade de 5.000 plantas por hectare.

2.2.3 Atributos Químicos e Físicos do Solo

O solo da área experimental foi caracterizado como Neossolo Regolítico eutrófico (BRASIL, 1972; SANTOS et al., 2013) de textura areia franca. Nessa área, foram retiradas aleatoriamente amostras simples do solo na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras foram destorroadas, homogeneizadas, secas ao ar e à sombra e encaminhadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Rural, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, para caracterização dos atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos. As metodologias utilizadas nas análises foram as compiladas por Donagema et al. (2011) e, os resultados podem ser observados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 Atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos do Neossolo Regolítico eutrófico, antes dos cultivos de melancia cv. Crimson Sweet, no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba

Fertilidade ¹												
pH	P	K	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V	PST	MO
	----- mg dm ⁻³ -----									----- % -----		g kg ⁻¹
6,44	129,11	71,46	0,29	2,20	1,75	0,0	0,33	4,42	4,75	93,05	6,11	10,92
Salinidade ²												
pH	CEes	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	Cl ⁻	PS	RAS	Classificação
	dS m ⁻¹									%		não salino
7,04	0,807	0,77	2,02	5,00	4,38	1,39	0,0	8,25	5,0	16,60	0,93	
Física ³												
Areia	Silte	Argila	Ad	Gf	Ds	Dp	PT	Umidade		Água disponível		
								0,01 MPa	1,5 MPa			
	----- g kg ⁻¹ -----				----- g cm ⁻³ -----		m ³ m ⁻³			----- g kg ⁻¹ -----		
858	83	59	0	1000	1,53	2,57	0,40	77,48	27,66			49,82

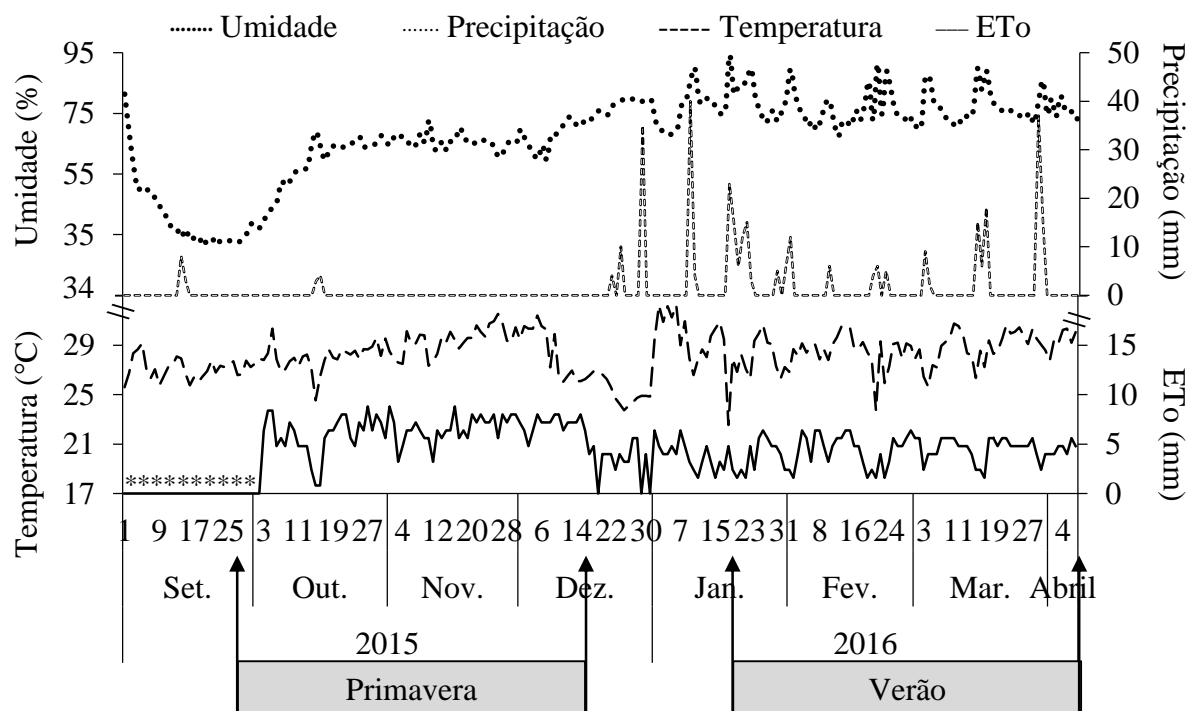
¹pH (potencial hidrogeniônico) em água; P (fósforo), K⁺ (potássio) e Na²⁺ (sódio) com extrator Mehlich 1; Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio) e Al³⁺ (alumínio) com extrator KCl 1 M; H⁺ + Al³⁺ (hidrogênio mais alumínio) com extrator acetato de cálcio 0,5 M a pH 7,0; SB (soma de bases) = K⁺ + Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺; CTC (capacidade de troca de cátions) = SB + H⁺ + Al³⁺; V (saturação por bases) = (SB/CTC) x 100; PST (percentagem de sódio trocável) = (Na⁺/CTC) x 100; MO (matéria orgânica) = carbono orgânico x 1,724, método Walkley-Black;

²CEes (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo); SO₄²⁻ (sulfato); CO₃²⁻ (carbonato); HCO₃²⁻ (bicarbonato); Cl⁻ (cloreto); PS (percentagem de sódio solúvel) = 100 x Na⁺ / (K⁺ + Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺); RAS (razão de adsorção de sódio) = Na⁺ / [0,5(Ca²⁺ + Mg²⁺)]^{0,5};

³Granulometria pelo método do densímetro, dispersante NaOH 1 M; Ad (argila dispersa em água); Gf (grau de floculação) = ((argila total - Ad)/argila total) x 100; Ds (densidade do solo); Dp (densidade de partícula); PT (porosidade total) = (Dp - Ds)/Dp.

2.2.4 Condições Meteorológicas

As condições meteorológicas no sítio Macaquinhos, durante os cultivos com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, consistiram no monitoramento diário da temperatura e umidade relativa do ar, da precipitação pluviométrica e da evapotranspiração de referência (ET_o) como podem ser observados na Figura 2.2. A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas a cada hora por Datalogger modelo HT-70 da Instrutherm[®]. A média diária da temperatura do ar foi calculada pela média das temperaturas extremas (ALLEN et al., 2006) e a umidade relativa média do ar através da média das leituras diária. A precipitação pluviométrica foi quantificada por pluviômetro e a evapotranspiração de referência através da evaporação do tanque Classe “A” multiplicado pelo coeficiente do tanque (ALLEN et al., 2006), adotando-se o coeficiente de 0,80 durante o experimento.



****: dados não disponíveis

Figura 2.2 Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ET_o) no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba, Brasil.

No cultivo da primavera, 29/09/2015 a 18/12/2015, a temperatura média diária do ar mínima foi de 24,6°C, a máxima de 31,6°C, com média para o período de 28,6°C (Figura 2.2). A umidade média relativa do ar variou de 35,2% a 73,7%, com média de 62,3%. A precipitação pluviométrica acumulada foi de 7 mm, distribuída em dois dias. A evapotranspiração de referência diária mínima foi de 0,8 mm, com máxima de 8,8 mm e média de 6,1 mm. No cultivo de verão, 18/01/2016 a 7/04/2016, a temperatura média diária do ar mínima foi de 22,6°C, a máxima de 32,3°C, com média para o período de 28,0°C. A umidade média relativa do ar variou de 67,4% a 94,2%, com média de 77,4%. A precipitação pluviométrica acumulada foi de 222 mm, distribuída em 20 dias. A evapotranspiração de referência diária mínima foi de 1,6 mm, com máxima de 6,4 mm e média de 4,4 mm.

2.2.5 Instalação e Manejo da Cultura

2.2.5.1 Preparo da área

O preparo do solo consistiu na limpeza da área, através de capina com auxílio de enxada manual, e abertura das covas de plantio nas distâncias de 2 m entre linhas e 1 m entre covas nas linhas. As covas foram abertas com dimensões de 30 cm x 30 cm x 30 cm. Na camada superficial do solo retirado da cova, profundidade de 0-15 cm do perfil, foi incorporada a adubação de fundação com essa mistura retornado ao fundo da cova.

2.2.5.2 Semeadura e condução

As semeaduras foram realizadas em 29 de setembro de 2015, cultivo de primavera, e no dia 18 de janeiro de 2016, cultivo de verão, colocando três sementes por cova. Os cultivos foram realizados na mesma área, sendo que as linhas no cultivo de verão foram dispostas onde seriam as entrelinhas do cultivo de primavera. Após a emergência das plântulas, quando possuíam dois pares de folhas, realizou-se desbaste permanecendo apenas a mais vigorosa. A distribuição da cobertura morta, proveniente da limpeza da área, foi realizada em faixa de aproximadamente 50 cm de largura na linha de cultivo das subparcelas que receberam a prática do uso de cobertura morta sobre o solo.

2.2.5.3 Manejo da adubação

A adubação foi baseada na análise do solo (Tabela 2.1), tendo-se como referências as recomendações de Cavalcanti (2008). Foram aplicados $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de esterco curtido de gado bovino, 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 120 kg ha^{-1} de N e, conforme os tratamentos avaliados, 0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de K_2O . No preparo das covas, adubação de fundação, aplicou-se o esterco bovino, todo o fósforo na forma superfosfato simples (18% de P_2O_5 , 18% de Ca e 8% de S), 25% do nitrogênio como ureia (45% de N) e, um terço do potássio como cloreto de potássio (60% de K_2O). No preparo das covas na primavera também foi aplicado 10 kg ha^{-1} de sulfato de zinco (20% de Zn e 9% de S). O restante de nitrogênio e potássio foram aplicados em cobertura, com metade aos 35 dias após a semeadura e a outra metade aos 55 dias. Na última adubação de cobertura, como fonte de nitrogênio, se aplicou nitrato de cálcio (15% de N e 19% de Ca) com o objetivo de aumentar a disponibilidade de cálcio às plantas.

2.2.5.4 Manejo fitossanitário

As plantas daninhas foram controladas através de três capina com enxada manual. O controle preventivo de ácaros e fungos foi realizado com pulverizações de Cuprozeb® (44% de mancozeb e 30% de oxicloreto de cobre) na concentração de 200 mg L⁻¹ de água.

2.2.5.5 Manejo da irrigação

A água para a irrigação foi bombeada de reservatório de superfície para caixas d'água, capacidade para 3 m³, localizadas na cota mais alta da propriedade. As caixas ficavam a uma distância horizontal de 65 m do início da área de cultivo, com diferença de altura monométrica de 3 mca para o início da área. Parte da área foi irrigada com água do açude (0,3 dS m⁻¹) e a outra parte foi irrigada com água salinizada (3,0 dS m⁻¹), obtida através da dissolução de sal moído da VitaSal® (59,4% de Cl, 38,5% de Na, 1,0% de SO₄⁻, 0,28% de Ca, 0,20% de Mg e, 0,1% de iodato de potássio) na água proveniente do reservatório de superfície. O preparo da água salina era realizado com no mínimo 24 h de antecedência da irrigação, aferindo com condutivímetro digital portátil modelo CD-850 da Instrutherm®.

A irrigação foi pelo método localizado com fita gotejadora modelo Silver Drip da Golden Tree®, com emissores espaçados em 10 cm e vazão de 0,5 L h⁻¹. A frequência de irrigação foi diária, com a lâmina baseada nos coeficientes de cultivo (kc) das diferentes fases da cultura (FERREIRA et al., 2015; SANTOS et al., 2004), na evapotranspiração de referência (Figura 2.2), na faixa de molhamento de 0,5 m e na eficiência do sistema de 94%.

2.2.6 Variáveis Analisadas

As variáveis fisiológicas, determinadas no limbo foliar das plantas de melancia cv. Crimson Sweet, consistiram nas medições dos índices de clorofila, das fluorescências da clorofila *a* e das trocas gasosas determinados entre o horário de 8:00 as 12:00 da manhã. As análises foram realizadas no início do período da frutificação. As avaliações foram realizadas na folha diagnóstica da nutrição mineral, quinta folha do ramo principal, contando-se da ponta à base, desprezando-se o tufo inicial e evitando folhas danificada ou com problemas fitossanitários (CAMPBELL, 2013; TRANI; RAIJ, 1997).

Os índices foliares de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila *total* foram mensurados nos lóbulos do limbo foliar com medidor portátil clorofiLOG da FalKer®. Nas medições das fluorescências da clorofila *a* utilizou-se fluorômetro portátil modelo OS-30p da Opti-Sciences®.

Para as mensurações das fluorescências, parte da área do limbo foliar permaneceu no escuro, como auxílio de presilhas plásticas, por 30 minutos e, após a aplicação de um feixe de luz saturante de 3.500 μmol determinou-se a fluorescência inicial (F_o) e a máxima (F_m). A partir destas calculou-se a fluorescência variável ($F_v = F_m - F_o$) e a eficiência quântica do fotossistema II ($\Phi = F_v/F_m$).

As trocas gasosas do limbo foliar das plantas foram quantificadas através do analisador de gás na fase infravermelho (IRGA), modelo LCpro-SD da BioScientific®. Nas avaliações a iluminação foi controlada, adotando densidade de fluxo de fótons fotossintético (DFFF) de 1.200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Sendo medida a concentração interna de gás carbônico (C_i , $\mu\text{mol de CO}_2 \text{mol}^{-1}$ de ar), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e assimilação líquida de gás carbônico (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), como também foram calculadas a eficiência no uso da água ($\text{EUA} = A/E$) e a eficiência instantânea de carboxilação ($\text{EiC} = A/C_i$).

2.2.7 Análises Estatísticas

Os resultados de cada época de cultivo foram inicialmente submetidos à análise de variância e, em seguida, avaliados quanto à homogeneidade dos erros (PEARSON; HARTLEY, 1956; PIMENTEL-GOMES, 2009). Quando estabelecida a homogeneidade entre as variâncias residuais das épocas de cultivo, adotando-se o teste F_{\max} ($p \leq 0,05$) de Hartley, a análise da variável foi realizada de forma conjunta.

Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando o teste F ($p \leq 0,05$), para se verificar os efeitos dos fatores isoladamente e suas interações. No desdobramento das interações dos fatores qualitativos também se utilizou do teste F para comparação de médias, admitindo-se erro de até 5% de probabilidade. Os efeitos quantitativos das doses de potássio foram testados por meio de regressão linear, com o teste F ($p \leq 0,10$) para se verificar o ajuste aos modelos. A regressão foi realizada independentemente dos efeitos dos demais fatores, sendo avaliada no desdobramento dos fatores qualitativos quando esses foram significativos (CHEW, 1977).

As variáveis também foram submetidas a análise de correlação de Pearson, com a significância avaliada pelo teste t. Para sintetizar as informações foi realizada análise de componente principal (ACP) e de agrupamento com base nos escores dos tratamentos (HUSSON; LÊ; PAGÈS, 2010; MINGOTI, 2005). O critério utilizado para classificar a variável nos componentes foi baseada na relação $0,5(\lambda^{-0,5})$, sendo λ o autovalor do componente

(OVALLES; COLLINS, 1988). Para facilitar a visualização da importância dos tratamentos sobre as variáveis foi construído Heatmap. Sendo que para plotar as médias das variáveis, os seus valores foram normalizados no intervalo de 0 (menor valor) a 1 (maior valor), aplicando a seguinte equação:

$$z_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

As análises dos dados foram realizadas utilizando os softwares SAS/STAT® versão 9.3. (SAS, 2012) e R-Studio versão 3.3.1 (TEAM, 2016).

2.3 RESULTADOS

As variâncias residuais, entre épocas de cultivo, foram homogêneas para as variáveis índice de clorofila *b*, fluorescências da clorofila *a* inicial, máxima e variável, eficiência quântica do fotossistema II (Tabela 2.2), transpiração, assimilação líquida de gás carbônico, eficiência no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação (Tabela 2.3) mensuradas em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, conforme o teste F de Hartley ($p \leq 0,05$). Nas variáveis índices foliares de clorofilas *a* e *total* (Tabela 2.2), concentração interna de gás carbônico e condutância estomática (Tabela 2.3) a relação entre as variâncias residuais entre as épocas de cultivo foram não homogêneas ($p > 0,05$). Dessa forma, sob variâncias residuais homogêneas às análises foram realizadas de forma conjunta.

Entre os fatores estudados, de forma isolada, observou-se que a condutividade elétrica da água de irrigação afetou a transpiração e a eficiência no uso da água (Tabela 2.3); a época de cultivo interferiu no índice de clorofila *b*, nas fluorescências da clorofila *a* inicial, máxima e variável, na eficiência quântica do fotossistema II (Tabela 2.2), na assimilação líquida de gás carbônico, na eficiência no uso da água e na eficiência instantânea de carboxilação (Tabela 2.3); as doses de potássio alterou a condutância estomática (Tabela 2.3) e; a cobertura morta não exerceu efeito. As interações significativas foram apenas entre condutividade elétrica da água de irrigação e época de cultivo, sobre a fluorescência variável da clorofila *a* (Tabela 2.2); entre condutividade elétrica da água de irrigação e doses de potássio, para as variáveis índices de clorofila *a* e *total* (Tabela 2.2) e, condutância estomática (Tabela 2.3); entre doses de potássio e época de cultivo, na transpiração (Tabela 2.3) e; entre condutividade elétrica da água de irrigação, doses e potássio e época de cultivo, sobre a assimilação líquida de gás carbônico (Tabela 2.3).

Tabela 2.2 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis índices foliares de clorofila *a* (ICLa), *b* (ICLb) e *total* (ICLt), fluorescência mínima (Fo), máxima (Fm) e variável (Fv) da clorofila *a* e, eficiência quântica (Fv/Fm) do fotossistema II, em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)

		ICLa ²	ICLa ³	ICLb	ICLt ²	ICLt ³	Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
Teste de homogeneidade ¹		$F_{\text{Hartley}} = \sigma^2_{\text{maior}}/3\sigma^2_{\text{menor}}$								
		----- 3,99** -----		0,67 ^{ns}		----- 2,34* -----	0,37 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,68 ^{ns}
Fontes de Variações	Gl	Quadrado Médio								
Bloco/EC	5	173,110 ^{ns}	44,152 ^{ns}	167,134*	743,898 ^{ns}	130,773 ^{ns}	4052,4028 ^{ns}	23258 ^{ns}	10951*	0,0458 ^{ns}
Água (CEai)	1	83,531 ^{ns}	8,921 ^{ns}	13,587 ^{ns}	225,308 ^{ns}	7,088 ^{ns}	14,2273 ^{ns}	23,7195 ^{ns}	75,8158 ^{ns}	0,0166 ^{ns}
Época de cultivo (EC)	1	-	-	449,949**	-	-	150440**	74062*	13392*	1,1995**
CEai x EC	1	-	-	16,717 ^{ns}	-	-	2261,3597 ^{ns}	38126 ^{ns}	21817*	0,0244 ^{ns}
Resíduo (a)	5	186,566	9,762	19,560	341,978	41,962	3418,1438	8298,1863	1279,4042	0,0233
Cobertura Morta (CM)	1	0,292 ^{ns}	13,379 ^{ns}	0,928 ^{ns}	2,245 ^{ns}	10,322 ^{ns}	1114,9562 ^{ns}	2919,8248 ^{ns}	426,1930 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Potássio (K)	3	4,363 ^{ns}	7,169 ^{ns}	5,322 ^{ns}	25,510 ^{ns}	16,190 ^{ns}	418,1691 ^{ns}	6158,7860 ^{ns}	3805,5377 ^{ns}	0,0036 ^{ns}
CEai x CM	1	5,796 ^{ns}	0,457 ^{ns}	0,010 ^{ns}	7,717 ^{ns}	0,052 ^{ns}	115,1433 ^{ns}	2790,1055 ^{ns}	1771,6492 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
CEai x K	3	48,645 ^{ns}	50,258**	14,522 ^{ns}	129,467*	62,454**	116,7604 ^{ns}	6592,4564 ^{ns}	5809,6903 ^{ns}	0,0127 ^{ns}
CM x K	3	5,117 ^{ns}	2,355 ^{ns}	3,295 ^{ns}	11,381 ^{ns}	11,116 ^{ns}	914,2679 ^{ns}	1156,2088 ^{ns}	599,1903 ^{ns}	0,0106 ^{ns}
CM x EC	1	-	-	0,085 ^{ns}	-	-	29,9211 ^{ns}	997,1230 ^{ns}	681,5878 ^{ns}	0,0026 ^{ns}
K x EC	3	-	-	13,242 ^{ns}	-	-	864,2077 ^{ns}	54,9988 ^{ns}	1111,9831 ^{ns}	0,0196 ^{ns}
CEai x CM x K	3	11,910 ^{ns}	1,394 ^{ns}	7,843 ^{ns}	53,360 ^{ns}	5,063 ^{ns}	1177,5052 ^{ns}	5729,6287 ^{ns}	4619,5236 ^{ns}	0,0130 ^{ns}
CEai x CM x EC	1	-	-	0,339 ^{ns}	-	-	746,4474 ^{ns}	19,6844 ^{ns}	1008,5644 ^{ns}	0,0136 ^{ns}
CEai x K x EC	3	-	-	4,932 ^{ns}	-	-	783,4487 ^{ns}	1861,1777 ^{ns}	2255,9925 ^{ns}	0,0193 ^{ns}
CM x K x EC	3	-	-	2,782 ^{ns}	-	-	355,6248 ^{ns}	966,1824 ^{ns}	925,7920 ^{ns}	0,0084 ^{ns}
CEai x CM x K x EC	3	-	-	6,687 ^{ns}	-	-	1482,3442 ^{ns}	1869,4065 ^{ns}	1487,2891 ^{ns}	0,0086 ^{ns}
Resíduo (b)	70	21,665	7,613	7,574	42,472	12,623	797,7954	3615,4104	2711,2060	0,0137
CV(a) (%)		36,01	8,46	32,91	34,82	13,47	52,44	34,87	23,89	26,30
CV(b) (%)		12,27	7,47	20,48	12,27	7,40	25,34	23,01	34,77	20,15

¹Modificada por Pimentel-Gomes (2012), com os valores críticos elaborada por Pearson e Hartley (1956);

²Dados coletados no ciclo realizado na época da primavera, com graus de liberdade de Bloco, Resíduo (a) e Resíduo (b) de 3, 3 e 42, respectivamente;

³Dados coletados no ciclo realizado na época do verão, com graus de liberdade de Bloco, Resíduo (a) e Resíduo (b) de 2, 2 e 28, respectivamente;

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 2.3 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis concentração interna de gás carbônico (Ci), condutância estomática (g_s), transpiração (E), assimilação líquida de gás carbônico (A), eficiência no uso da água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC), em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)

		Ci ²	Ci ³	g_s^2	g_s^3	E	A	EUA	EiC
Teste de homogeneidade ¹		$F_{\text{Hartley}} = \sigma^2_{\text{maior}}/3\sigma^2_{\text{menor}}$							
		----- 3,33** -----		----- 7,37** -----		0,39 ^{ns}	1,27 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,22 ^{ns}
Fontes de Variações	Gl	Quadrado Médio							
Bloco/EC	5	2390,3789 ^{ns}	5116,4418*	0,0067 ^{ns}	0,0497*	16,5306*	72,5967 ^{ns}	12,5013**	0,0018 ^{ns}
Água (CEai)	1	954,5525 ^{ns}	1812,8745 ^{ns}	0,0173 ^{ns}	0,0192 ^{ns}	19,5016*	89,9040 ^{ns}	1,6431*	0,0006 ^{ns}
Época de cultivo (EC)	1	-	-	-	-	4,3178 ^{ns}	511,3906**	23,3875**	0,0118**
CEai x EC	1	-	-	-	-	0,0424 ^{ns}	0,3753 ^{ns}	0,1610 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Resíduo (a)	5	6971,1613	213,1473	0,0672	0,0017	1,9448	22,4797	0,1861	0,00046
Cobertura Morta (CM)	1	944,2817 ^{ns}	383,5141 ^{ns}	0,0027 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	1,0754 ^{ns}	0,0741 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Potássio (K)	3	1937,9298 ^{ns}	374,2470 ^{ns}	0,0130*	0,0038 ^{ns}	1,1973 ^{ns}	6,3537 ^{ns}	0,5881 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
CEai x CM	1	2,9900 ^{ns}	1048,5580 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,0014 ^{ns}	0,5610 ^{ns}	4,9130 ^{ns}	0,0486 ^{ns}	0,00001 ^{ns}
CEai x K	3	361,9206 ^{ns}	436,4253 ^{ns}	0,0051 ^{ns}	0,0058*	1,2992 ^{ns}	9,6534 ^{ns}	0,8449 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
CM x K	3	1577,7053 ^{ns}	757,4507 ^{ns}	0,0060 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,2131 ^{ns}	6,1983 ^{ns}	1,4307 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
CM x EC	1	-	-	-	-	0,6853 ^{ns}	6,8041 ^{ns}	0,0238 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
K x EC	3	-	-	-	-	2,5433*	19,2299 ^{ns}	1,2244 ^{ns}	0,0007 ^{ns}
CEai x CM x K	3	751,6868 ^{ns}	511,1521 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	0,3485 ^{ns}	13,8640 ^{ns}	0,1263 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
CEai x CM x EC	1	-	-	-	-	0,3766 ^{ns}	0,0902 ^{ns}	0,3032 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
CEai x K x EC	3	-	-	-	-	1,0718 ^{ns}	32,2904*	0,6705 ^{ns}	0,0009 ^{ns}
CM x K x EC	3	-	-	-	-	1,3538 ^{ns}	15,2880 ^{ns}	0,3555 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
CEai x CM x K x EC	3	-	-	-	-	0,3766 ^{ns}	9,0864 ^{ns}	0,4050 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Resíduo (b)	70	733,0505	558,5017	0,0034	0,0015	0,6742	11,1056	0,5319	0,00047
CV(a) (%)		40,43	7,33	112,69	25,63	31,13	28,05	10,95	26,72
CV(b) (%)		13,11	11,87	25,48	24,31	18,33	19,72	18,51	27,04

¹Modificada por Pimentel-Gomes (2012), com os valores críticos elaborada por Pearson e Hartley (1956);

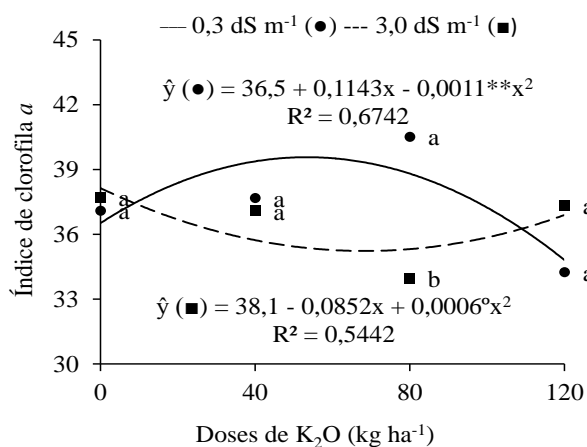
²Dados coletados no ciclo realizado na primavera, com graus de liberdade de Bloco, Resíduo (a) e Resíduo (b) de 3, 3 e 42, respectivamente;

³Dados coletados no ciclo realizado no verão, com graus de liberdade de Bloco, Resíduo (a) e Resíduo (b) de 2, 2 e 28, respectivamente;

^{ns} e *: não significativo e significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

2.3.1 Índice foliar de clorofila *a*

Na primavera o índice foliar de clorofila *a* não foi afetado pelos fatores em estudo (Tabela 2.2) obtendo-se o valor médio de 37,9. No verão ocorreu interação entre doses de potássio e condutividade elétrica da água de irrigação. Na comparação entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, sob cada dose de potássio, observou-se diferença para o índice de clorofila *a* apenas sob a dose 80 kg ha⁻¹ de K₂O com maior valor sob a irrigação com água 0,3 dS m⁻¹ (Figura 2.3). Os efeitos das doses de potássio sob o índice foliar de clorofila *a* estiveram relacionados diretamente a condutividade elétrica da água de irrigação. Nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, passou de 36,5 à 39,5 da ausência da adubação potássica para a aplicação de 52 kg ha⁻¹ de K₂O decrescendo, posteriormente, até o valor de 34,4 sob a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O. Quando se utilizou água de 3,0 dS m⁻¹ para a irrigação, o aumento da dose de potássio proporcionou redução do índice foliar de clorofila *a* de 38,1, na ausência da adubação potássica, para 35,1, sob a dose de 71 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo posteriormente elevado até 36,5 sob a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O.



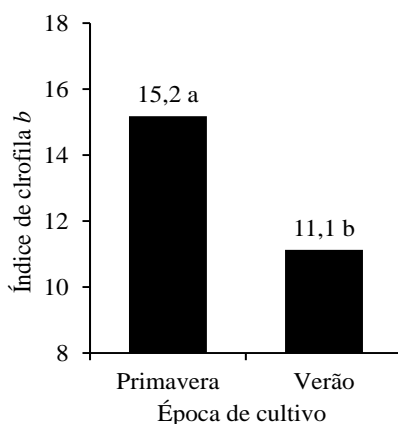
Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

° e **: significativo a 10% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 2.3 Índice foliar de clorofila *a* em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio em cultivo de verão.

2.3.2 Índice foliar de clorofila *b*

O índice foliar de clorofila *b* foi afetado apenas pela época de cultivo (Tabela 2.2). Com valor máximo na primavera (15,2) e o menor no verão (11,13), redução de 27% quando o cultivo foi realizado nessa última época (Figura 2.4).



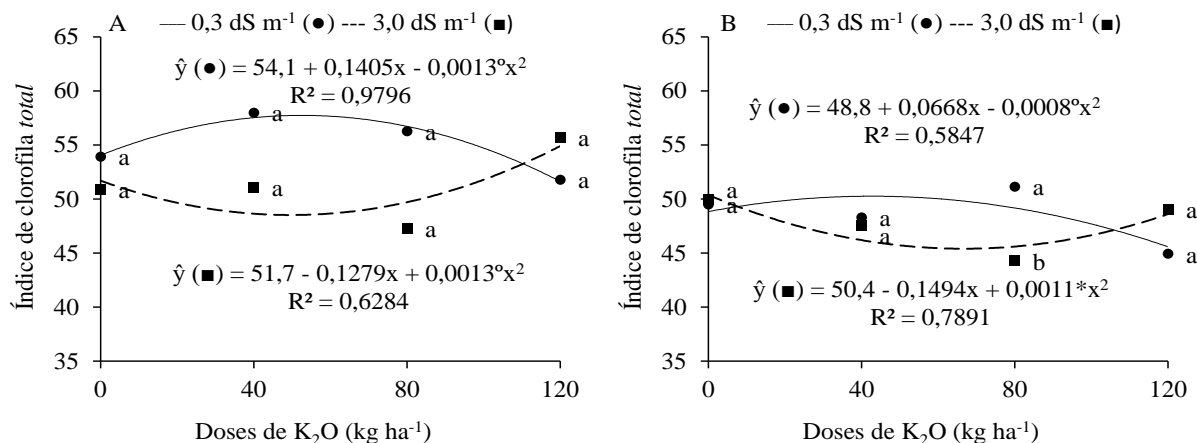
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 2.4 Índice foliar de clorofila *b* em plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão.

2.3.3 Índice foliar de clorofila *total*

Para o índice foliar de clorofila *total* ($a + b$) observou-se efeito apenas da interação entre doses de potássio e condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 2.2). Na primavera não se obteve diferença entre a condutividade elétrica da água de irrigação, independentemente da dose de potássio, sobre o índice foliar de clorofila *total* e as tendências dessa variável em função das doses de potássio foram determinados pela água de irrigação (Figura 2.5A). Quando se irrigou com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ o índice foliar de clorofila *total* aumentou até a dose estimada de 54 kg ha^{-1} de K_2O , com valor máximo de 57,9. Nas áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ esse índice reduzido até o valor de 48,6 sob a dose de 49 kg ha^{-1} de K_2O . No verão, observou-se que sob a dose de 80 kg ha^{-1} de K_2O o uso de água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ na irrigação proporcionou maior valor do índice de clorofila *total* em relação a irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ mas, sob as demais doses não se obteve-se diferenças entre as águas de irrigação para este índice (Figura 2.5B). Nessa época de cultivo, as tendências do índice de clorofila *total* em função das doses de potássio também foram dependentes da água utilizada na irrigação como observado na primavera. Sob a irrigação com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, o índice foliar de clorofila *total* atingiu valor máximo de 50,2 quando se chegou a dose de 42 kg ha^{-1} de K_2O . Nas áreas irrigadas com

água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, esse índice decresceu até a dose de 68 kg ha^{-1} de K_2O atingindo o valor mínimo de 45,3.

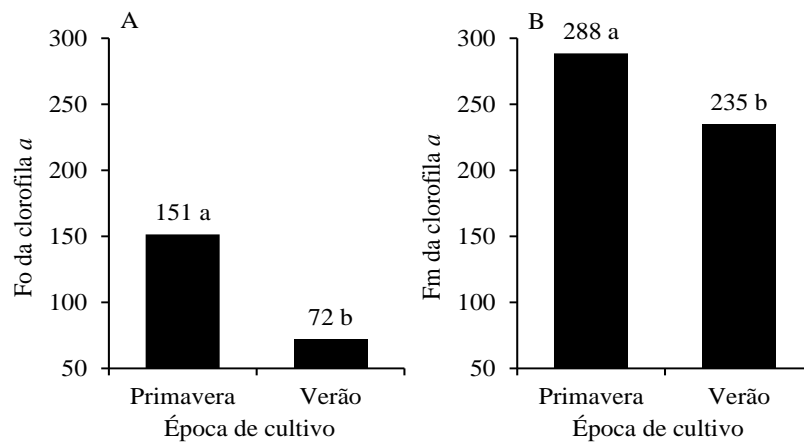


Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).
^o e *: significativo a 10% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 2.5 Índice foliar de clorofila *total* em plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$, em função de doses de potássio.

2.3.4 Fluorescência inicial e máxima da clorofila *a*

A fluorescência inicial e máxima da clorofila *a* foram afetadas apenas pela época de cultivo (Tabela 2.2). A fluorescência inicial da clorofila *a* foi de, em média, 151 na primavera e de 72 no verão, com redução de 52% da primeira para a segunda época de cultivo (Figura 2.6A). A fluorescência máxima da clorofila *a* também foi reduzida entre a primeira, primavera, e segunda, verão, época de cultivo, com redução de 18%, ou seja, passou de 288 para 235, respectivamente (Figura 2.6B).

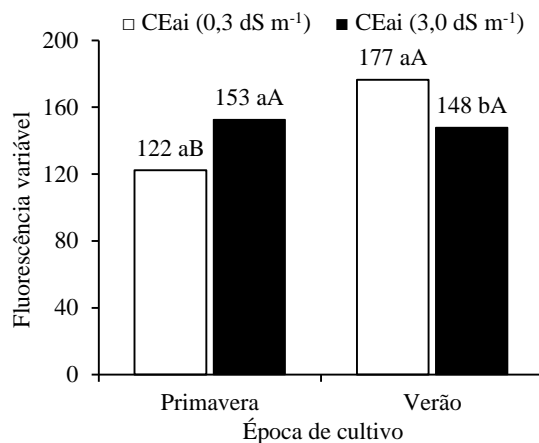


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de F ($p \leq 0,05$).

Figura 2.6 Fluorescência inicial (A) e máxima (B) da clorofila *a* em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão.

2.3.5 Fluorescência variável da clorofila *a*

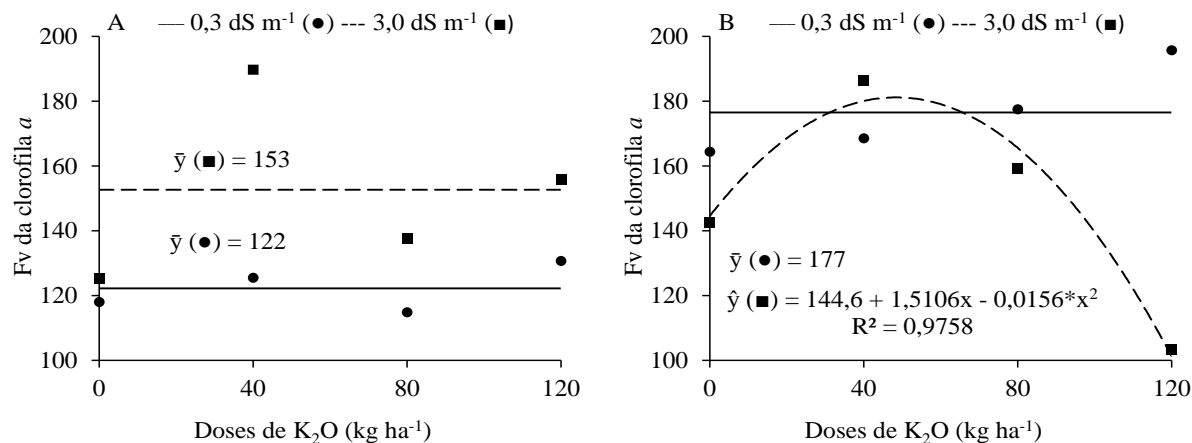
A fluorescência variável da clorofila *a* foi afetada pela época de cultivo como pela interação desse fator com a condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 2.2). Na primavera não se obteve efeito da condutividade elétrica da água de irrigação sobre a fluorescência variável da clorofila *a* (Figura 2.7). No verão obteve-se para a fluorescência variável da clorofila *a*, em média, 177 e 148 nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, respectivamente com redução de 16% ocasionada pela água de maior condutividade elétrica. Na comparação entre épocas de cultivo, nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, observou-se aumento na fluorescência variável em 45%, passando de 122, na primavera, para 177, no verão. Nas áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ não se observou diferença na fluorescência variável entre épocas de cultivo.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 2.7 Fluorescência variável (Fv) da clorofila *a* em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em cultivos de primavera e verão.

Os efeitos das doses de potássio sobre a fluorescência variável da clorofila *a* podem ser observados na Figura 2.8. Na primavera os dados de fluorescência variável da clorofila *a*, independentemente da condutividade elétrica da água de irrigação, não se ajustaram a regressão em função das doses de potássio (Figura 2.8A). No verão, apenas nas áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, observou-se que a fluorescência variável da clorofila *a* aumentou de 144,6, sem adubação potássica, para o valor máximo de 181,2, sob a dose estimada de 48 kg ha⁻¹ de K₂O, e o mínimo de 101,2, sob a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 2.8B).

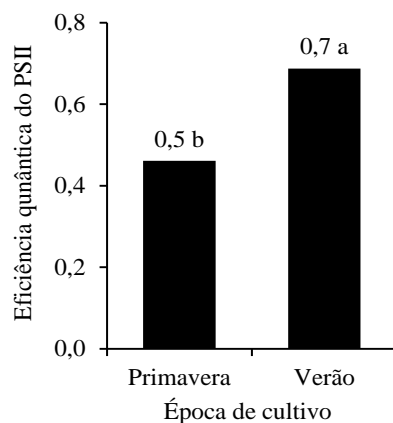


*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2.8 Fluorescência variável (Fv) da clorofila *a* em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

2.3.6 Eficiência quântica do fotossistema II

A eficiência quântica do fotossistema II foi influenciada pela época de cultivo (Tabela 2.2). A menor eficiência quântica do fotossistema II foi obtida na primavera com, em média 0,5 em comparação à 0,7 obtido no verão, representando aumento de 40% (Figura 2.9).

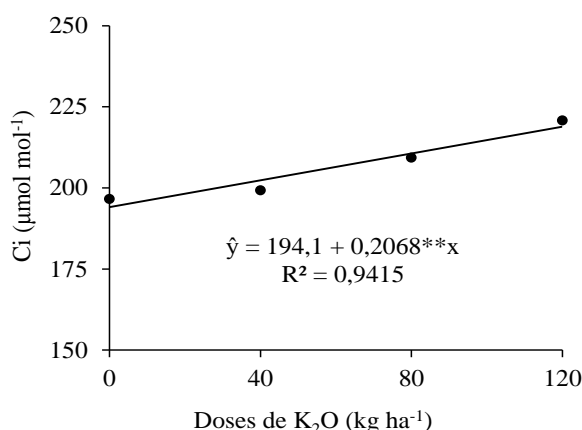


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 2.9 Eficiência quântica do fotossistema II (PSII) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão.

2.3.7 Concentração interna de gás carbônico

A concentração interna de gás carbônico não foi afetada pelos fatores em estudo (Tabela 2.3), exceto as doses de potássio na primavera. Verificando-se que a concentração interna de gás carbônico aumentou em $0,2068 \mu\text{mol mol}^{-1}$ para cada quilograma por hectare de K_2O aplicado ou, em média, 1% a cada 10 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 2.11).

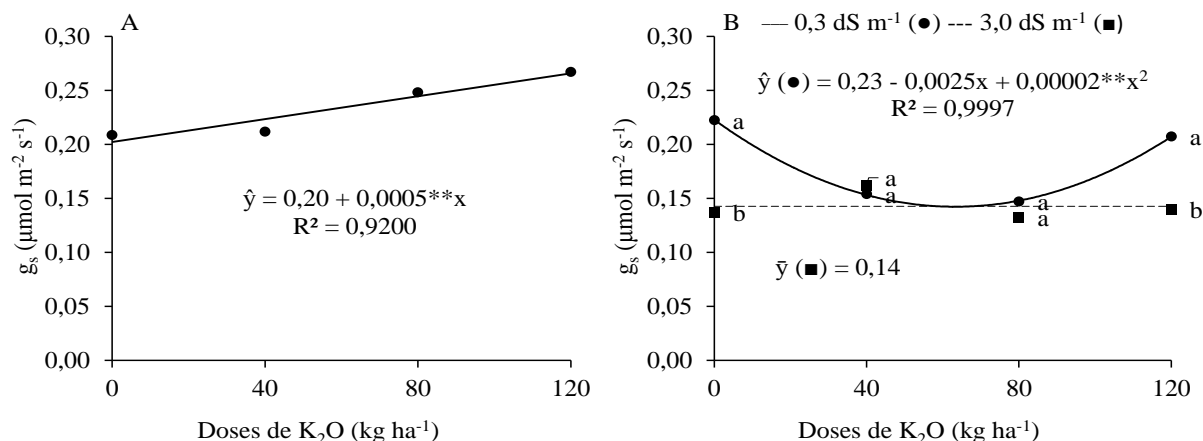


**: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2.10 Concentração interna de gás carbônico (Ci) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em função de doses de potássio, em cultivo de primavera.

2.3.8 Condutância estomática

Para a condutância estomática observaram-se efeitos das doses potássio, na primavera, e da interação a condutividade elétrica da água de irrigação e doses de potássio, no verão (Tabela 2.3). Na primavera a condutância estomática passou de $0,2 \mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1}$ para $0,26 \mu\text{mol m}^2 \text{ s}^{-1}$ nas áreas sem adubação potássica e sob a dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O , respectivamente, ou seja, aumento linear de 3% a cada acréscimo de 10 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 2.11A). No verão a condutância estomática foi maior quando se irrigou com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ apenas sob a ausência da adubação potássica e sob a dose 120 kg ha^{-1} de K_2O em comparação a água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 2.11B). Na tendência em função das doses de potássio, estimada apenas quando se irrigou com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$, observou-se redução da condutância estomática com aumento da dose até 63 kg ha^{-1} de K_2O sendo posteriormente aumentada com a elevação das doses de potássio.



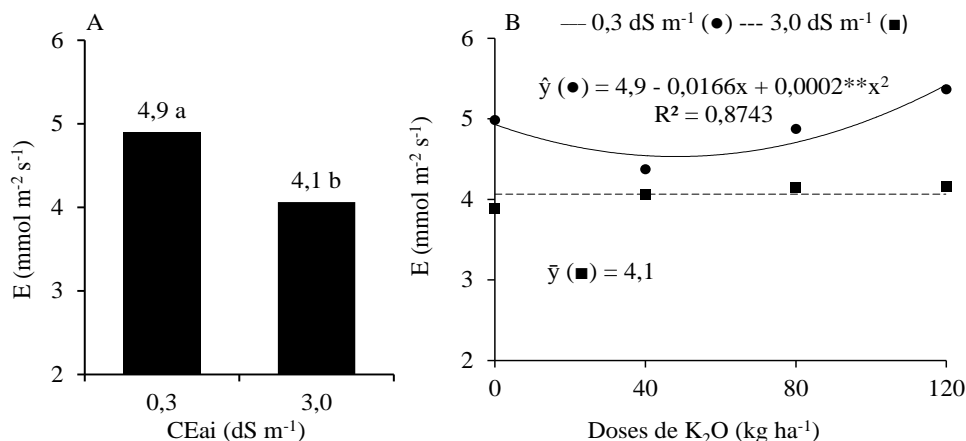
Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

**.: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2.11 Condutância estomática (g_s) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivo de primavera, em função das doses de potássio (A), e em cultivo de verão, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m^{-1} e 3,0 dS m^{-1} , em função de doses de potássio (B).

2.3.9 Transpiração

A transpiração foliar foi afetada tanto pela condutividade elétrica da água de irrigação como pela interação entre doses de potássio e épocas de cultivo (Tabela 2.3). Nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m^{-1} a transpiração média foliar das plantas de melancia foi de 4,9 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, enquanto sob a irrigação com água de 3,0 dS m^{-1} a transpiração foi de 4,1 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 2.12A). Redução de 17% ocasionada pela água de irrigação de maior condutividade elétrica. No ajuste dos dados em função das doses de potássio observou-se, nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m^{-1} , observou-se redução na transpiração ao se aumentar a aplicação de potássio até a dose de 42 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 2.12B). Mas, a maior transpiração foi obtida com dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O , estimada em 5,8 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

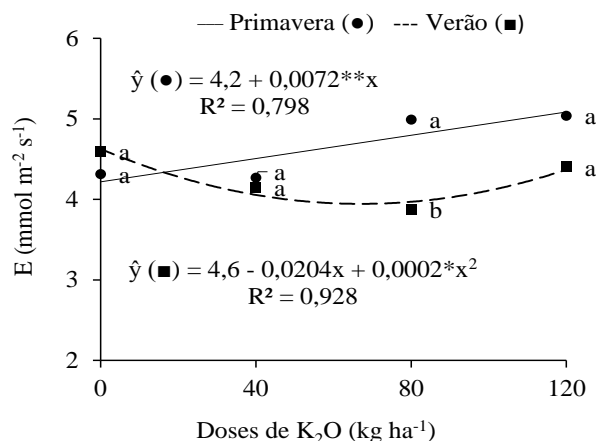


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2.12 Transpiração (E) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹ (A) e, em função de doses de potássio (B).

Os dados de transpiração em função da interação entre doses de potássio e época de cultivo podem ser observados na Figura 2.13. Não foi observado diferença para a transpiração, independentemente da dose de potássio, entre as épocas de cultivo com exceção sob a dose de 80 kg ha⁻¹ de K₂O, onde a transpiração na primavera foi maior que a observada no verão. As tendências da transpiração em função das doses de potássio estiveram diretamente relacionadas à época de cultivo. Na primavera, a transpiração aumentou, em média, em 2% a cada 10 kg ha⁻¹ de K₂O, ou seja, passou de 4,2 mmol m² s⁻¹, sem adubação potássica, para 5,1 mmol m² s⁻¹, sob a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O. No verão, o aumento na dose de potássio até 51 kg ha⁻¹ de K₂O reduziu a transpiração de 4,6 mmol m² s⁻¹, sem adubação, para 4,1 mmol m² s⁻¹, sendo posteriormente acrescida com o aumento das doses de potássio.

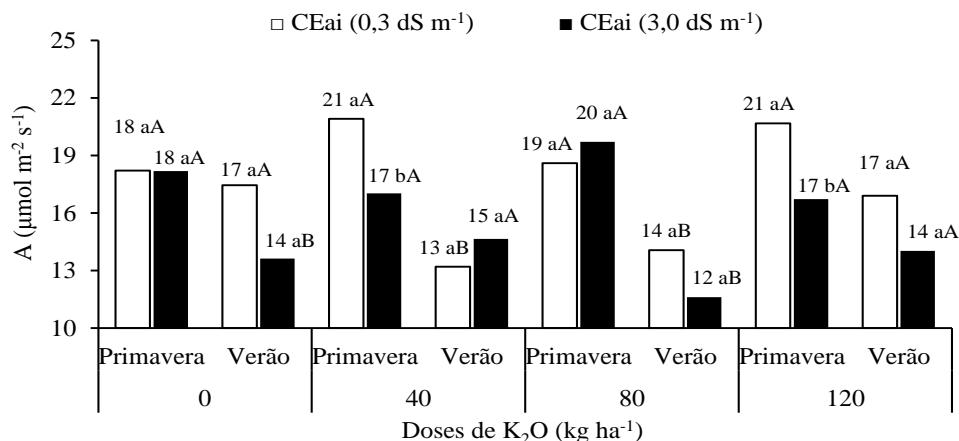


** e *: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 2.13 Transpiração (E) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera (●) e verão (■), em função de doses de potássio.

2.3.10 Assimilação líquida de gás carbônico

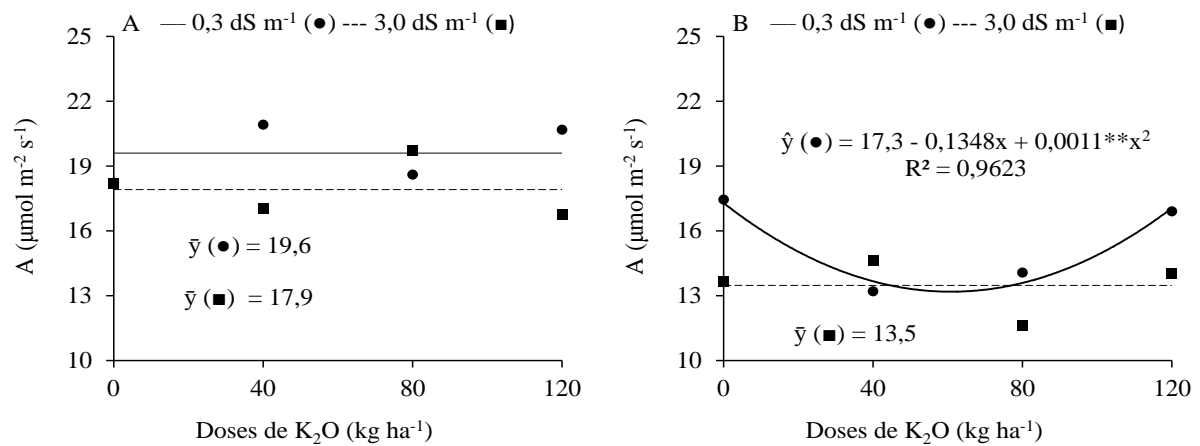
A assimilação líquida de gás carbônico respondeu aos efeitos isolados da época de cultivo e da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação, doses de potássio e época de cultivo (Tabela 2.3), como pode ser observado na Figura 2.14. A assimilação líquida de gás carbônico foi reduzida em aproximadamente 20% com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, mas, apenas na primavera sob as doses de 40 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O. Entre as épocas de cultivo observou-se maior assimilação de gás carbônico na primavera, nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ quando associada a aplicação de 40 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O e, nas áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ sem a aplicação de potássio e com a doses de 80 kg ha⁻¹ de K₂O.



Média seguida pela mesma letra, minúscula entre os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre épocas de cultivo para cada dose de potássio, não difere entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 2.14 Assimilação líquida de gás carbônico (A) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m^{-1} e 3,0 dS m^{-1} , em cultivos de primavera e verão, sob os efeitos de doses potássio.

As análises em função das doses de potássio sobre a assimilação líquida de gás carbônico podem ser observadas na Figura 2.15. Na primavera, independentemente da água de irrigação, os dados não se ajustaram aos modelos avaliados em função das doses de potássio (Figura 2.15A). No verão, para as áreas irrigadas com água de 0,3 dS m^{-1} , a assimilação líquida de gás carbônico reduziu de 17,3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, na ausência de aplicação de potássio, até 13,2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sob a dose de 61 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 2.15B). Nas áreas sob irrigação com água de 3,0 dS m^{-1} , ainda no verão, os dados de assimilação líquida de gás carbônico não se ajustaram à regressão em função das doses de potássio.

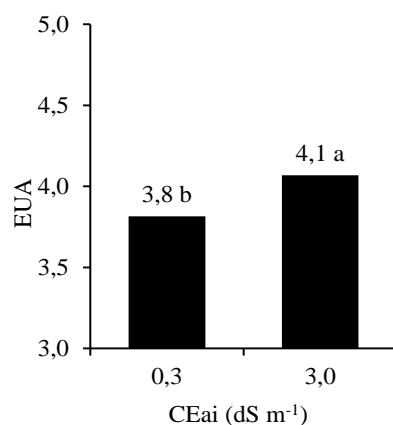


** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2.15 Assimilação líquida de gás carbônico (A) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

2.3.11 Eficiência no uso da água

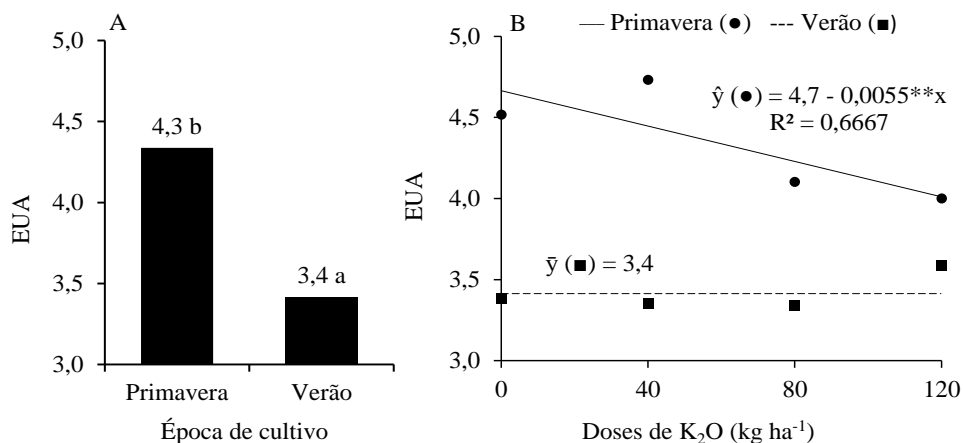
A eficiência no uso da água foi afetada de forma isolada pelos fatores condutividade elétrica da água de irrigação e época de cultivo (Tabela 2.3). Em relação à condutividade elétrica da água de irrigação, a eficiência no uso da água passou de 3,8 nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ para 4,1 dS m⁻¹ quando irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ (Figura 2.16), correspondendo a 8% de aumento.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 2.16 Eficiência no uso da água (EUA, $\mu\text{mol de CO}_2/\text{mmol de H}_2\text{O}$) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$.

Em relação à época de cultivo, a maior eficiência no uso da água foi obtida na primavera com, em média, 4,3 em relação aos 3,4 obtidos no verão (Figura 2.17A). Redução de 21% do primeiro ciclo, primavera, para o segundo, verão. Na primavera a eficiência no uso da água foi reduzida em 2% a cada aumento de 10 kg ha^{-1} de K_2O , ou seja, passou de 4,7, na ausência da adubação potássica, para 4,0, sob a dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 2.17B). No verão não se observou ajuste dos dados à regressão em função das doses de potássio.

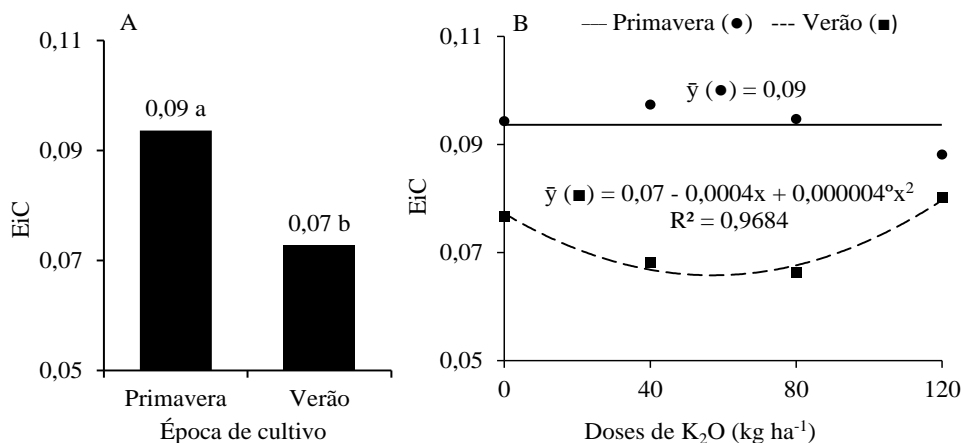


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).
 ** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2.17 Eficiência no uso da água (EUA, $\mu\text{mol de CO}_2/\text{mmol de H}_2\text{O}$) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).

2.3.12 Eficiência instantânea de carboxilação

A eficiência instantânea de carboxilação foi afetada apenas pela época de cultivo (Tabela 2.3). Na primavera obteve-se, em média, 0,09 para a eficiência instantânea de carboxilação, enquanto no verão essa eficiência foi de 0,07, redução de 22% (Figura 2.18A). Na primavera não se observou tendência na eficiência instantânea de carboxilação em função das doses de potássio, enquanto no verão essa eficiência foi reduzida até a dose de 50 kg ha⁻¹ de K₂O, sendo posteriormente a essa dose aumentada (Figura 2.18B).



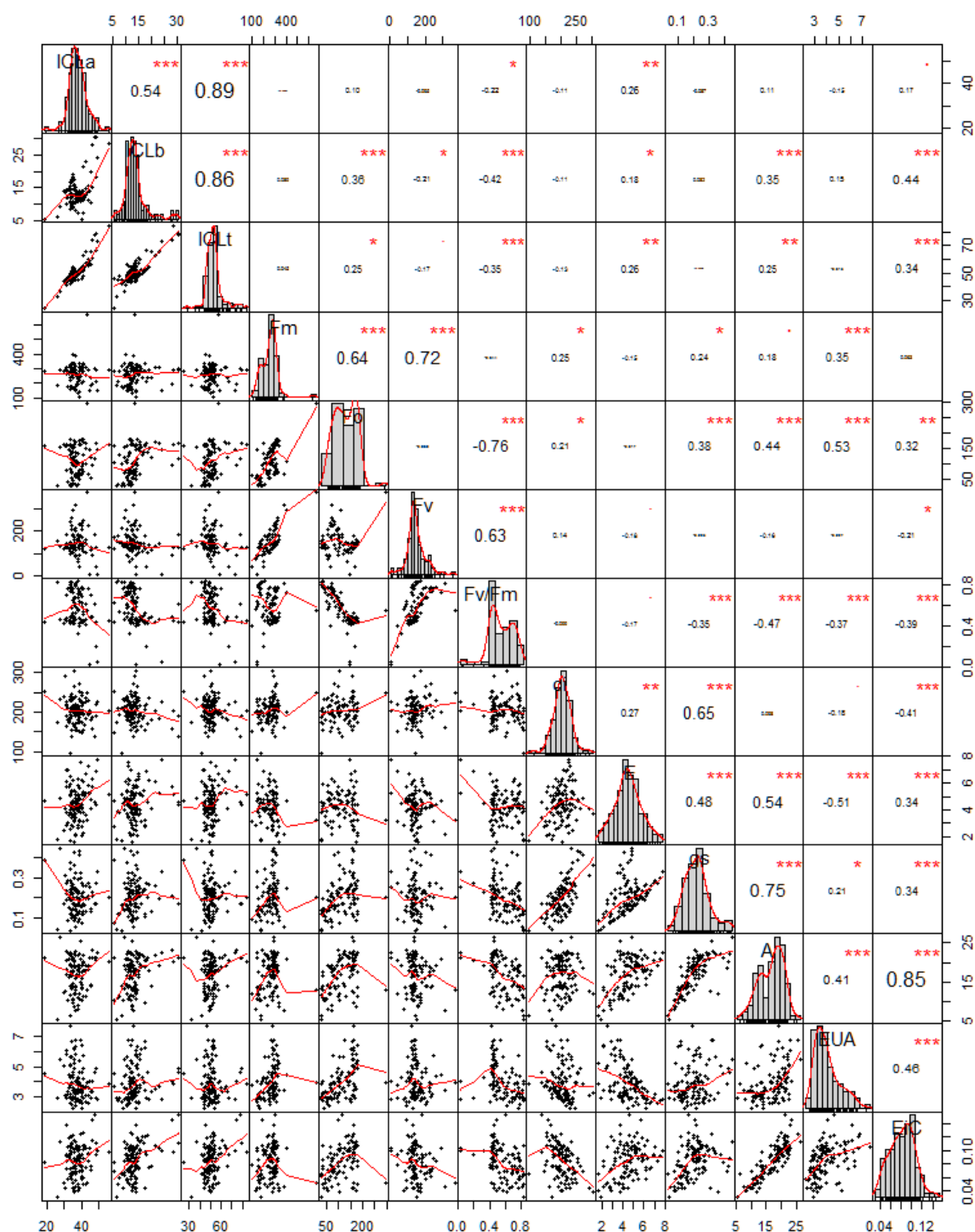
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

°: significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2.18 Eficiência instantânea de carboxilação (EiC, $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\mu\text{mol de CO}_2 \text{ mol}^{-1}$) de folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).

2.3.13 Análises de correlação e multivariadas

As correlações entre as variáveis fisiológicas, em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, podem ser observadas na Figura 2.19. Verificando-se que as maiores correlações foram entre os índices foliares de clorofila *a* e clorofila *total* ($\rho = 0,89$), entre os índices de clorofila *b* e clorofila *total* ($\rho = 0,86$), da assimilação líquida de gás carbônico com a eficiência instantânea de carboxilação ($\rho = 0,85$), entre a condutância estomática e assimilação líquida de gás carbônico ($\rho = 0,75$), entre as fluorescências máxima e variável da clorofila *a* ($\rho = 0,72$), da concentração interna de gás carbônico com a condutância estomática ($\rho = 0,65$), entre as fluorescências máxima e inicial da clorofila *a* ($\rho = 0,64$), e entre a fluorescência variável da clorofila *a* e a eficiência fotoquímica do fotossistema II ($\rho = 0,63$). As menores correlações foram observadas entre a fluorescência inicial da clorofila *a* e a eficiência fotoquímica do fotossistema II ($\rho = -0,76$), entre a transpiração e a eficiência no uso da água ($\rho = -0,51$), da eficiência fotoquímica do fotossistema II com a assimilação líquida de gás carbônico ($\rho = -0,47$) e, entre o índice foliar de clorofila *b* e a eficiência fotoquímica do fotossistema II ($\rho = -0,42$).



ICLa = índice de clorofila *a*; ICLb = índice de clorofila *b*; ICLt = índice de clorofila *total*; Fm = fluorescência máxima; Fo = fluorescência inicial; Fv = fluorescência variável; Fv/Fm = eficiência quântica do fotossistema II; Ci = concentração interna de gás carbônico; E = transpiração; g_s = condutância estomática; A = assimilação líquida de gás carbônico; EUA = eficiência no uso da água e; EiC = eficiência instantânea de carboxilação.

*, ** e ***: significativo a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t.

Figura 2.19 Correlação de Pearson entre variáveis fisiológicas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet.

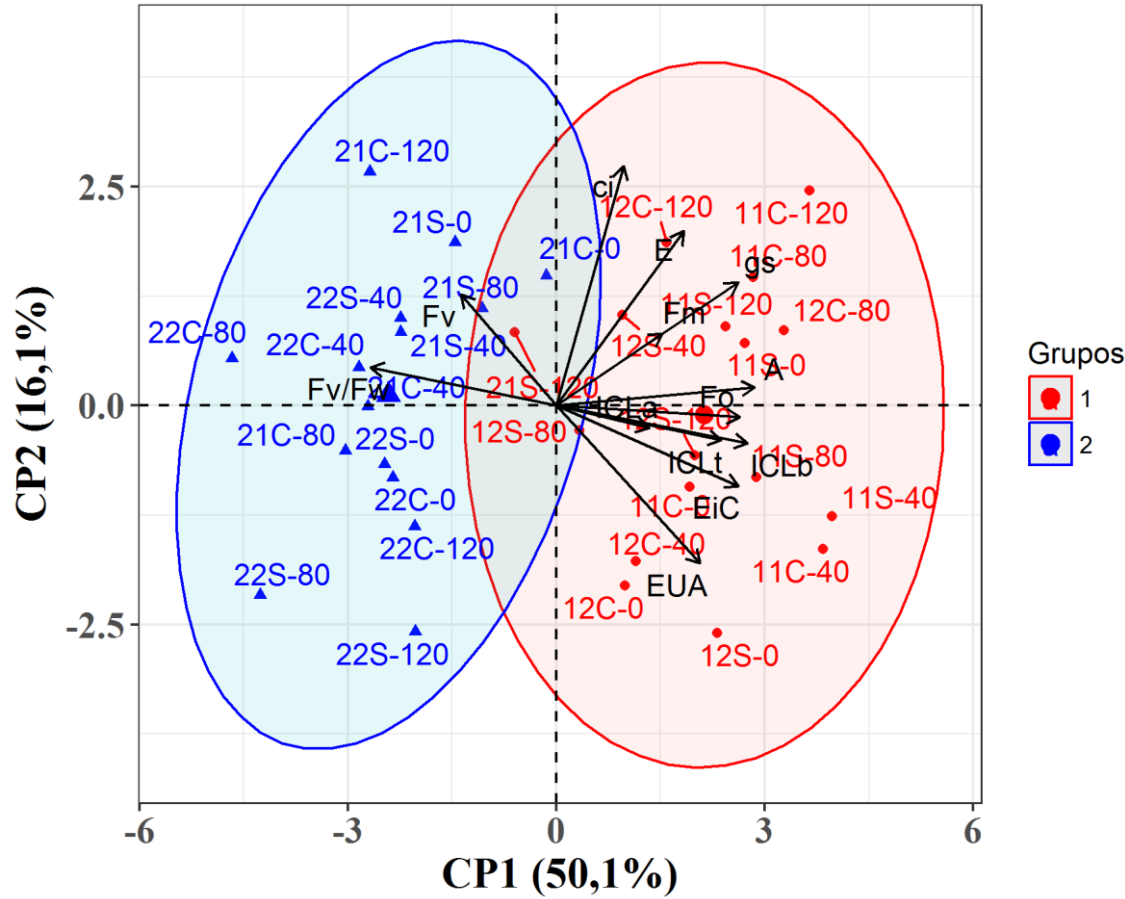
Na análise de componente principal as 13 variáveis avaliadas foram resumidas em três componentes, com 79,4% da variação total (Tabela 2.4). O primeiro componente, explica 50,1% da variabilidade total, pode ser associado ao metabolismo do carbono com os maiores vetores, associados positivamente, representados pela variáveis assimilação líquida de gás carbônico, índice foliar de clorofila *b*, fluorescência inicial da clorofila *a*, condutância estomática, eficiência instantânea de carboxilação, índice foliar de clorofila *total*, eficiência no uso da água, transpiração e fluorescência máxima da clorofila *a* e, em oposição a eficiência do fotossistema II. O segundo componente, explica 16,1% da variabilidade total, representa a dinâmica dos estômatos caracterizado pela associação positiva entre a concentração interna de gás carbônico e a transpiração e, em contraponto, a eficiência no uso da água. O terceiro componente, contendo 13,2% da variabilidade total, está associado a relação oposta entre o índice de clorofila *a* e a fluorescência máxima da clorofila *a*.

Tabela 2.4 Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP) de variáveis fisiológicas medidas em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet

	CP1	CP2	CP3
Autovalor (λ)	6,51	2,09	1,72
Variância explicada (%)	50,1	16,1	13,2
Variância acumulada (%)	50,1	66,2	79,4
Autovetores ¹			
Índice de clorofila <i>a</i>	0,1677	-0,0565	-0,5197
Índice de clorofila <i>b</i>	0,3444	-0,0953	-0,1052
Índice de clorofila <i>total</i>	0,2976	-0,0877	-0,3421
Fluorescência máxima (Fm)	0,1910	0,1816	0,5124
Fluorescência inicial (Fo)	0,3305	-0,0288	0,2644
Fluorescência variável (Fv)	-0,1714	0,2804	0,3444
Eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm)	-0,3347	0,0964	-0,0208
Concentração interna de gás carbônico (Ci)	0,1214	0,6045	-0,0585
Transpiração (E)	0,2297	0,4408	-0,1832
Condutância estomática (g _s)	0,3281	0,3111	0,0253
Assimilação líquida de gás carbônico (A)	0,3575	0,0462	0,0634
Eficiência no uso da água (EUA)	0,2585	-0,3981	0,3187
Eficiência instantânea de carboxilação (EiC)	0,3285	-0,2030	0,0848

¹O critério utilizado para separar as variáveis representativas do componente foi baseado no módulo da relação $0,5(\lambda^{-0,5})$, estando destacada em negrito (OVALLES; COLLINS, 1988).

De acordo com a análise de agrupamento foi possível reunir os tratamentos em dois grupos determinados, praticamente, pela época de cultivo (Figura 2.20). Na primavera, o grupo formado, proporcionou os maiores valores praticamente para todas as variáveis fisiológicas determinadas nas plantas de melancia Crimson Sweet. No verão, segundo grupo, ocorreu os maiores valores de fluorescência variável da clorofila *a* e eficiência do fotossistema II.

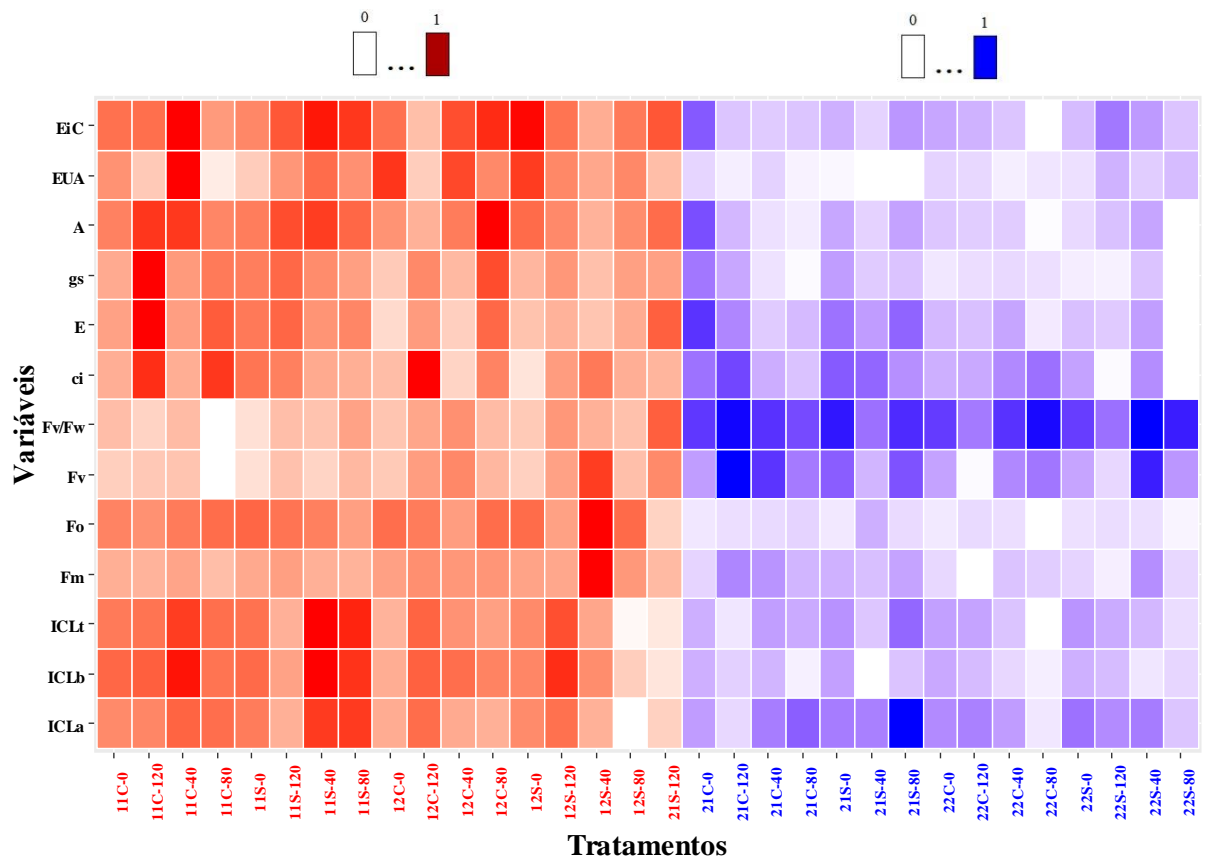


Tratamento	EC	CEai (dS m ⁻¹)	CM	K (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
11S-0	1 – primavera	1 – 0,3	S – sem	0
.	.	.	.	40
.	.	.	.	80
22C-120	2 – verão	2 – 3,0	C – com	120

ICLa = índice de clorofila *a*; ICLb = índice de clorofila *b*; ICLt = índice de clorofila *total*; Fm = fluorescência máxima; Fo = fluorescência inicial; Fv = fluorescência variável; Fv/Fm = eficiência quântica do fotossistema II; Ci = concentração interna de gás carbônico; E = transpiração; *g_s* = condutância estomática; A = assimilação líquida de gás carbônico; EUA = eficiência no uso da água e; EiC = eficiência instantânea de carboxilação.

Figura 2.20 Dispersão das variáveis fisiológicas e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.

A variação dos valores normalizados das variáveis em todos os tratamentos dos dois grupos formados pode ser visualizada na (Figura 2.21). No grupo 1 se observa que o uso de água não salina ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), nas áreas sem cobertura morta e adubadas com potássio aumentaram os índices foliares de clorofila. Já ao se irrigar com água salina ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$), nas áreas com cobertura morta e adubadas com potássio, aumentou-se a concentração foliar e a assimilação de gás carbônico. Os maiores valores de transpiração e eficiência no uso da água foram obtidos irrigando as áreas protegidas com cobertura morta com água não salina ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e, adubadas. No grupo 2, verifica-se que a fluorescência variável e a eficiência quântica do fotossistema II foram maiores ao se irrigar com água não salina ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) as áreas adubadas e com cobertura morta.



Tratamento	EC	CEai (dS m^{-1})	CM	K (kg ha^{-1} de K_2O)
11S-0	1 – primavera	1 – 0,3	S – sem	0
.	.	.	.	40
.	.	.	.	80
22C-120	2 – verão	2 – 3,0	C – com	120

ICLa = índice de clorofila *a*; ICLb = índice de clorofila *b*; ICLt = índice de clorofila *total*; Fm = fluorescência máxima; Fo = fluorescência inicial; Fv = fluorescência variável; Fv/Fm = eficiência quântica do fotossistema II; Ci = concentração interna de gás carbônico; E = transpiração; g_s = condutância estomática; A = assimilação líquida de gás carbônico; EUA = eficiência no uso da água e; EiC = eficiência instantânea de carboxilação.

Figura 2.21 Heatmap dos valores normalizados na escala de 0 (menor) a 1 (maior) das variáveis fisiológicas nos tratamentos que compõem os dois grupos.

2.4 DISCUSSÃO

Entre os fatores estudados, condutividade elétrica da água de irrigação, cobertura morta do solo, doses de potássio e época de cultivo, este último foi o que mais afetou as variáveis fisiológicas nas plantas de melancia cv. Crimson Sweet (Tabela 2.2, Tabela 2.3). Essas variações devem estar associadas às evoluções meteorológicas reinantes durante as épocas de cultivo. As condições atmosféricas de maior temperatura média do ar e evapotranspiração, e menor umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica da primavera em comparação ao verão (Figura 2.2) foram mais estressantes às plantas. Visto que na localização em que o trabalho foi realizado (Figura 2.1); a irradiância ($20 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) praticamente não se altera, ocorrendo apenas redução na insolação diária de aproximadamente 8 horas, na primavera, para 7 horas, no verão (TIBA, 2000).

De acordo com Teixeira (2014) a temperatura do ar constitui um dos principais fatores agrometeorológicos que afetam a cultura da melancia; com a faixa entre 22°C e 30°C considera adequada para a cultura da melancia (FAO, 2015). Sendo que a elevação da temperatura do ar de 25°C para 30°C provoca aumento expressivo da atividade metabólica das plantas (SCHWARZ et al., 2010). Mas as diferenças fisiológicas das plantas de melancia cv. Crimson Sweet na primavera e no verão não podem ser atribuídas ao fator temperatura do ar, pois além das temperaturas médias diárias nesses períodos estarem situadas na faixa ideal para a cultura (FAO, 2015), não se observou diferenças marcantes entre elas (Figura 2.2). Sendo constatado também valores próximos de soma térmica, com $1.503,8^{\circ}\text{C}$ na primavera e de $1.505,8^{\circ}\text{C}$ no verão. Considerando assim, a soma térmica o parâmetro mais adequado para determinar o ciclo da melancia do que a contagem de dias (TRENTIN et al., 2008) onde no presente estudo foi de 81 dias para as duas épocas.

Entre os fatores agrometeorológicos que podem justificar, em parte, as alterações nas variáveis fisiológicas na melancieira está a umidade relativa do ar que teve larga variação entre a primavera e o verão (Figura 2.2). Ambientes ou épocas com maior umidade relativa do ar propiciam o desenvolvimento de ramos mais vigorosos e aceleram a emissão de folhas (TEIXEIRA, 2014). O que foi visualizado, mas não quantificado, nas plantas com maior vegetação no verão em detrimento à primavera. As nuvens, formadoras da chuva e com ocorrência nas épocas chuvosas, também podem ter favorecido as alterações fisiológicas nas plantas, principalmente, a interceptação da radiação solar. Com isso, uma provável redução da irradiância ao nível do solo no verão poder ter ocasionado menor produção de clorofila *b*

(Figura 2.4) e, ou; em parte ter sido convertida em clorofila *a* (STREIT et al., 2005) como também redução na assimilação líquida de gás carbônico (Figura 2.14).

A avaliação da fluorescência da clorofila *a* é uma ferramenta adequada na avaliação de situações estressantes em plantas. Segundo Baker (2008), o aumento na fluorescência inicial ou a redução da fluorescência máxima são indicativos de estresse mas, um melhor indicativo de estresse é a redução na eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm). Essas informações indicam que as plantas de melancia cv. Crimson Sweet na primavera estavam sob condições mais estressantes quando comparadas com as plantas do verão, quando tinham menor fluorescência inicial da clorofila *a* (Figura 2.3A) e maior eficiência quântica do fotossistema II (Figura 2.9). Azevedo Neto et al. (2011), avaliando genótipos de girassol, também utilizaram o aumento da fluorescência inicial da clorofila *a* ou a redução na eficiência quântica do fotossistema II com indicativos.

A indicação de maior estresse na primavera pode também ser observada pelo menor valor da fluorescência variável da clorofila *a* nas melancieiras e maior valor desta variável no verão, observando-se também indicativo de maior estresse com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 2.7). O excesso de sais solúveis é dos fatores ambientais que alteram o comportamento e a produção das culturas. Ressaltando que ao final da primavera a área possuía condutividade elétrica do extrato de saturação do solo de 3,4 dS m⁻¹, enquanto que no verão a condutividade elétrica do extrato de saturação do solo foi de 1,7 dS m⁻¹, ocasionados pela irrigação. Tatagiba et al. (2013) observaram redução na concentração de clorofila *b* em folhas de tomateiro ocasionado pelo aumento da salinidade. Estes autores também observaram redução na fluorescência inicial e máxima da clorofila *a*, na eficiência quântica do fotossistema II, na assimilação líquida de gás carbônico, na transpiração, entre outros parâmetros, proporcionado pelo aumento da salinidade.

A condutividade elétrica da água de irrigação, causadora do excesso de sais no solo, proporcionou redução na transpiração (Figura 2.12A) mas aumentou a eficiência no uso da água (Figura 2.16) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet. O efeito do excesso de sais na redução da transpiração de plantas podem ser observados em diversos estudos, como os trabalhos com as culturas da berinjela (BOSCO et al., 2009), amendoim (GRACIANO et al., 2011) e tomate (TATAGIBA et al., 2013).

2.5 CONCLUSÕES

As condições ambientais na primavera foram mais estressantes às plantas, evidenciadas pela menor eficiência quântica do fotossistema II, maior fluorescência inicial e máxima da clorofila *a*, e maior índice de clorofila *b*;

A assimilação líquida de gás carbônico, eficiência no uso da água e eficiência instantânea de carboxilação foram maiores na primavera;

A cobertura não exerceu efeitos nas variáveis fisiológicas das plantas de melancia cv. Crimson Sweet;

A água salina diminuiu a condutância estomática e a transpiração, aumentando a eficiência no uso da água;

Doses elevadas de potássio aumentaram a clorofila, a concentração interna de gás carbônico, a condutância estomática e a transpiração das plantas;

O aumento de doses de potássio no solo, em áreas irrigadas com água salina, diminuiu os índices foliares de clorofila *a* e *total*.

2.6 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Itália: FAO (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 56), 2006. 298p.
- AZEVEDO NETO, A. D. de et al. Fluorescência da clorofila como uma ferramenta possível para seleção de tolerância à salinidade em girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 893–897, 2011.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis In Vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89–113, 2008.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607–1621, 2004.
- BARROSO, A. de A. F. et al. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 588–593, 2011.
- BOSCO, M. R. DE O. et al. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. **Ceres**, v. 56, n. 3, p. 296–302, 2009.
- BRASIL. **I - Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Paraíba; II- Interpretação para uso Agrícola dos Solos da Paraíba**. Rio de Janeiro: Convênio MA/CONTAP/USAID/BRASIL (Boletim Técnico, nº 15), 1972. 683p.
- CAMPBELL, C. R. (Ed.). **Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the united states**. 4ª ed. Raleigh: SAAESD, 2013. 122p.
- CARMO, I. L. G. da S. et al. Desempenho agrônomo de cultivares de melancia no cerrado de Boa Vista, Roraima. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 3, p. 268–274, 2015.
- CARVALHO, J. F. de et al. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 256–263, 2011.
- CAVALCANTI, F. J. A. (Ed.). **Recomendações de Adubações para o Estado de Pernambuco**. 2ª aproxim ed. Recife: IPA, 2008. 212p.
- CHEW, V. Statistical hypothesis testing: an academic exercise in futility. **Proceedings of the Florida State**, v. 90, n. 1, p. 214–215, 1977.
- COLLA, G. et al. Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. **HortScience**, v. 41, n. 3, p. 622–627, 2006.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2005. 176p.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água do Brasil e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2007. 124p.
- DONAGEMA, G. K. et al. (Eds.). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FAO. **Crop Water Information: watermelon**. Disponível em:

<fao.org/nr/water/cropinfo_watermelon.html>. Acesso em: 8 jan. 2017.

FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 28 jan. 2017.

FERREIRA, V. M. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da melancia na microrregião de Teresina, PI, Brasil. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 488–494, 2015.

GRACIANO, E. S. A. et al. Crescimento e capacidade fotossintética da cultivar de amendoim BR 1 sob condições de salinidade Erika. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 794–800, 2011.

HUSSON, F.; LÊ, S.; PAGÈS, J. **Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R**. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2010. 236p.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. 42° ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. 45p.

IBGE. **Atlas Nacional Digital do Brasil**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional/>. Acesso em: 17 set. 2016.

IDEME. **Anuário Estatístico - Paraíba 2016**. João Pessoa: Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual (IDEME), 2013. 3141p.

LUCENA, R. R. M. DE et al. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em melancia “Quetzale” cultivada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 34–42, 2011.

MINGOTI, S. A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297p.

MIRANDA, F. R. de; MONTENEGRO, A. A. T.; OLIVEIRA, J. J. G. Produtividade da melancia irrigada por gotejamento em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 158–162, 2005.

MONÇÃO, O. P. et al. Produtividade da cultura da melancia sob diferentes doses de potássio no município de Santa Rita de Cássia-BA. **Enciclopédia Bioesfera**, v. 8, n. 15, p. 1423–1431, 2012.

OLIVEIRA, F. A. de et al. Comportamento fisiológico e crescimento de plantas de melancia sob diferentes concentrações de solução nutritiva. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 1, p. 439–448, 2016.

OVALLES, F. A.; COLLINS, M. E. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 5, n. 8402, p. 1430–1435, 1988. .

PEARSON, E. S.; HARTLEY, H. **Biometrika Tables for Statisticians**. Cambridge: Un. Press., 1956. 238p.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15ª ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.

PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, G. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. de S.; LACERDA, C. F. de (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 143–159.

SANTOS, F. J. S. et al. **Manejo da irrigação da melancia: uso do Tanque Classe “A”**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical (Circular Técnica, 20), 2004. 12p.

SANTOS, H. G. et al. (Eds.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília:

Embrapa, 2013. 353p.

SAS. **Base SAS® 9.3 Procedures Guide: Statistical Procedures**. 2^a ed. Cary: SAS Institute Inc., 2012. 544p.

SCHWARZ, D. et al. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetables to abiotic stresses: thermal stress, water stress and organic pollutants. **Scientia Horticulturae**, v. 127, n. 2, p. 162–171, 2010.

SILVA, V. F. A. et al. Produção de melancia e teores de sólidos solúveis em resposta a adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 136–144, 2015a.

SILVA, E. M. P. DA et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da melancia em solo sob palhada e preparo convencional. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 154–164, 2015b.

SILVA, V. P. R. DA et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131–138, 2011.

STREIT, N. M. et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748–755, 2005.

TATAGIBA, S. D. et al. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. **Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 2, p. 138–149, 2013.

TEAM, R. C. **R: A language and environment for statistical computing** ViennaR Foundation for Statistical Computing, , 2016. Disponível em: <R-project.org>

TEIXEIRA, A. H. DE C. Relações entre os parâmetros agrometeorológicos e a cultura da melancia. In: LIMA, M. F. (Ed.). . **Cultura da mleancia**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 103–128.

TIBA, C. (ED.). **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres**. Recife: Universitária da UFPE, 2000. 111p.

TRANI, P. A.; RAIJ, B. VAN (Eds.). Hortaliças. In: **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2^a ed. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1997. p. 157–185.

TRENTIN, R. et al. Soma térmica de subperíodos do desenvolvimento da planta de melancia. **Ciência Rural**, v. 38, n. 9, p. 2464–2470, 2008.

CAPÍTULO III

**Diagnóstico nutricional de plantas de melancia sob os manejos da salinidade hídrica,
cobertura e adubação potássica**

RESUMO

A baixa e irregular precipitação pluviométrica em regiões áridas e semiáridas, associada frequentemente a restrição do uso da água devido ao excesso de sais é uma dos maiores limitadores para o desenvolvimento da agricultura. A pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar o teor foliar de nutrientes e sódio, como realizar diagnóstico nutricional de plantas de melancia cv. Crimson Sweet sob os manejos da irrigação com água salina, cobertura do solo e doses de potássio nos cultivos de primavera e verão. Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, sendo a parcela principal constituída pela condutividade elétrica da água de irrigação ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$), e as subparcelas das combinações entre níveis de cobertura do solo (sem e com) e doses de potássio ($0, 40, 80$ e 120 kg ha^{-1} de K_2O), obedecendo o respectivo esquema $2 \times 2 \times 4$. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados. No início da frutificação coletou-se a quinta folha do ramo principal, contando da ponta à base sem considerar o tufo inicial. Essas amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar e, em seguida, analisadas quantos aos teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), micronutrientes (Cu, Fe, B, Zn e Mn) e sódio. Também foi calculado o índice de balanço nutricional (IBN). Os dados foram submetidos as análises de variância (ANOVA), correlação de Pearson (ρ) e componentes principais (ACP). Também foi elaborado Heatmap com intuito de sintetizar as informações. O cultivo de verão é mais adequado na produção de melancieiras nutricionalmente equilibradas que a primavera. A irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ aumentou o teor de nitrogênio, manganês e sódio foliar, e diminuiu o de ferro nas plantas de melancia. O aumento das doses de potássio aumentou os teores foliares de fósforo, potássio, zinco, manganês e diminuiu os de nitrogênio, cálcio, magnésio e ferro. A cobertura do solo com resíduo vegetal aumentou o teor foliar de magnésio e diminuiu o teor de boro nas folhas. O uso de cobertura morta do solo não é adequado em áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ quando a necessidade de irrigação é elevada, como na primavera, quando favoreceu o teor de sódio nas folhas das plantas de melancia.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*; Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS); Nutrição de plantas.

ABSTRACT

The low and uneven precipitation in arid and semi-arid, often associated with water use restriction due to excess salts is a major limiting to the development of agriculture. The research was developed with the objective of evaluating the nutrient and sodium leaf content, as well as the nutritional diagnosis of watermelon plants cv. Crimson Sweet under irrigation management with saline water, soil cover and potassium doses in spring and summer crops. The treatments were organized in split-plot, with the main plot consisting of the electrical conductivity of irrigation water (0.3 dS m^{-1} and 3.0 dS m^{-1}), and the subplots of the combinations of levels of soil cover (without and with) and doses of potassium (0, 40, 80 and 120 kg ha^{-1} of K_2O), obeying the respective $2 \times 2 \times 4$ scheme. A randomized complete block design was used. In the early fruiting collected to fifth leaf of the main branch, counting from tip to base without considering the initial tuft. The samples were dried in a forced air circulation oven and then analyzed for the levels of macronutrients (N, P, K, Ca, Mg e S), micronutrients (Cu, Fe, B, Zn e Mn) and sodium. The nutritional balance index was also calculated (NBI). The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), Pearson correlation (ρ) and main components (PCA). It was also prepared Heatmap aiming to synthesize the information. The summer crop is better suited for the production of nutritionally balanced watermelon plants than spring. Irrigation with water of 3.0 dS m^{-1} increased the nitrogen, manganese and sodium leaf content, and decreased iron content in watermelon plants. The increase of the potassium doses increases the phosphorus, potassium, zinc and manganese contents of the nitrogen, calcium, magnesium and iron. Soil cover with vegetal residue increased the leaf content of magnesium and decreased the content of boron in the leaves. The use of soil mulch is not suitable in areas irrigated with water of 3.0 dS m^{-1} when the need for irrigation is high, as in spring when favored the sodium content in leaves of watermelon plants.

Key words: *Citrullus lanatus*; Crimson Sweet; NBI; Nutrition of plants.

3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o quarto maior produtor de melancia (FAOSTAT, 2014), se destacando a região Nordeste com maior área plantada e produção (IBGE, 2015). Nesta região, o Estado da Paraíba é o oitavo maior produtor e o vigésimo terceiro a nível nacional, com produtividade média de 20,06 t ha⁻¹, próximo à média nacional de 22,08 t ha⁻¹ (IBGE, 2015). Sendo que a cultura da melancia tem potencial produtivo bem superior as médias paraibana e nacional. Miranda, Montenegro e Oliveira (2005), no município de Paraipaba-CE, obtiveram produtividade de 50,7 t ha⁻¹ com a cultivar Crimson Sweet. Enquanto Silva et al. (2015), com esta mesma cultivar verificaram produtividade de 87,9 t ha⁻¹ no município de Belém-PA.

Por isso, é fundamental se conhecer as limitações ambientais e realizar um planejamento que atenda as demandas locais para conseguir o máximo rendimento econômico das culturas. No Nordeste brasileiro um dos principais desafios para a agricultura, especialmente na região semiárida, é a elevada variabilidade espaço-temporal das chuvas (SILVA et al., 2011) e a restrição de muitas fontes de água devido ao excesso de sais solúveis (CONEJO, 2005, 2007). No solo o excesso de sais leva a perda da fertilidade e aumenta a susceptibilidade à erosão (DIAS; BLANCO, 2010). Enquanto para as plantas o excesso de sais pode exercer efeitos tóxicos, devido a contínua absorção e acúmulo desses minerais, nutricionais, pelo desequilíbrio dos nutrientes (MARSCHNER, 2012; PATEL et al., 2010), e hormonais (PRISCO; GOMES FILHO, 2010; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Dessa forma a adoção de medidas que mitiguem os efeitos do excesso de sais devem ser adotadas. Como, por exemplo, o uso de cobertura morta no solo pode favorecer na atenuação do excesso de sais; à medida que esta prática cultural aumenta a eficiência no uso da água (CARVALHO et al., 2011), reduz a demanda hídrica (SILVA et al., 2015b), e também pode favorecer a diluição dos sais pois contribui na manutenção da umidade do solo. Um adequado manejo da adubação, orgânica e mineral, também pode mitigar os efeitos do excesso de sais.

Em um adequado manejo da adubação deve-se ponderar os fatores fonte, doses, épocas e localização de aplicação (BRUULSEMA; LEMUNYON; HERTZ, 2009; CASARIN; STIPP, 2013). Sendo essencial conhecer a quantidade presente no solo e a demanda da cultura. Para a melancia cv. Crimson Sweet a ordem de extração de macronutrientes é a seguinte K>N>Ca>Mg>P>S, mas quando se quantifica a exportação a ordem para os macronutrientes passa a ser N>P>K>S>Ca>Mg (VIDIGAL et al., 2009). No caso específico do potássio, a

cultivar de melancia Crimson Sweet acumula no máximo 24,4 kg de K por planta e exporta, considerando população de 5.000 plantas por hectare, 68,4 kg ha⁻¹ de K (VIDIGAL et al., 2009).

O potássio é o nutriente mais extraído e o terceiro mais exportado pela melancia (VIDIGAL et al., 2009). Este elemento é responsável pela ativação de várias enzimas, sendo o principal cátion no estabelecimento do turgor celular e manutenção da eletroneutralidade celular (EPSTEIN; BLOOM, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013). A aplicação de potássio também pode favorecer o acúmulo de outros nutrientes em plantas de melancia, como fósforo, cálcio e enxofre (NASCIMENTO et al., 2016). Sendo essencial conhecer a composição nutricional das plantas para, com isso, distinguir e inferir sobre os efeitos dos fatores que afetam a nutrição das plantas e consequentemente sua produção.

Porém, a avaliação apenas dos teores dos nutrientes pode não refletir em um diagnóstico preciso; pois a dinâmica dos nutrientes é complexa, ocorrendo antagonismos e sinergismos entre eles (PRADO, 2008), devendo-se apoiar a decisão não apenas no critério de faixa de suficiência. Calcular índices que permitam não apenas apontar desordens nutricionais mais indicar a ordem de limitação, por deficiência e ou excesso, como no sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) que permite calcular o índice de balanço nutricional (IBN) (CANTARUTTI et al., 2007; PRADO, 2008; WADT et al., 2007). Plantas que possuem maior índice de balanço nutricional refletem maior desordem nutricional.

Diante do exposto, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar o teor foliar de nutrientes e sódio, assim como realizar diagnóstico nutricional de plantas de melancia cv. Crimson Sweet sob os manejos da irrigação com água salina, cobertura do solo e doses de potássio nos cultivos de primavera e verão.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho constou de dois experimentos, o primeiro na primavera de 2015 e o segundo no verão de 2016, adotando-se os mesmos procedimentos experimentais para as pesquisas.

3.2.1 Caracterização do Local da Pesquisa

O experimento foi desenvolvido no sítio Macaquinhos, situado no município de Remígio, Paraíba, Brasil (Figura 1.1). O município localiza-se entre as coordenadas de 6° 51' 26" a 7° 1' 21" de latitude Sul, 35° 46' 20" a 35° 57' 01" de longitude a oeste de Greenwich (IBGE, 2016) e 562 m de altitude; microrregião do Curimataú e mesorregião do Agreste Paraibano (IDEME, 2013).

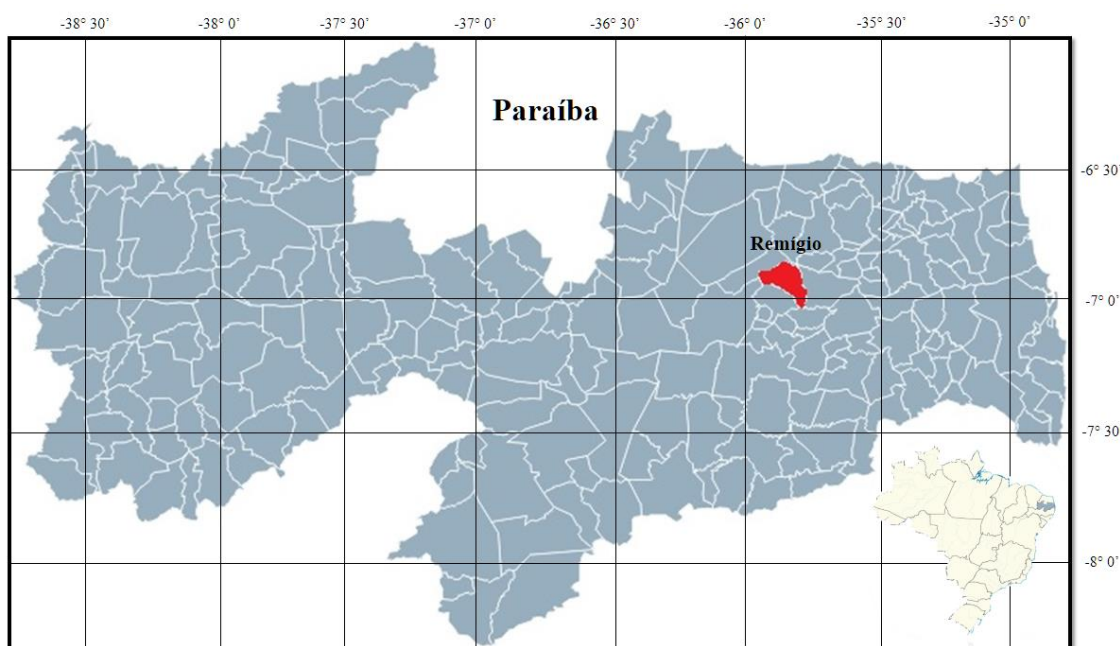


Figura 3.1 Localização geográfica do município de Remígio, Paraíba, Brasil.

A zona climática do município é do tipo As' segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical com chuvas de outono à inverno (BRASIL, 1972; IDEME, 2013). A época chuvosa se inicia no mês de fevereiro ou março e termina entre julho e agosto, com maior intensidade pluviométrica em junho ou julho. O período de seca começa em setembro e se prolonga até fevereiro, sendo mais acentuado na estação da primavera. A precipitação

pluviométrica média anual é de 700 mm, com umidade relativa média do ar de 80% e temperatura do ar entre 22°C e 26°C.

3.2.2 Tratamentos e Delineamento

Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, no esquema 2 x 2 x 4, correspondente à condutividade elétrica da água de irrigação (0,3 e 3,0 dS m⁻¹), aos níveis de cobertura morta sobre o solo (sem e com) e às doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O), respectivamente. A condutividade elétrica da água de irrigação foi a parcela principal e a combinação entre níveis de cobertura morta e doses de potássio a subparcela. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados. A unidade experimental, subparcela, foi constituída por uma linha de cultivo contendo sete plantas distanciadas entre si em 1 metro, na densidade de 5.000 plantas por hectare.

3.2.3 Atributos Químicos e Físicos do Solo

O solo da área experimental foi caracterizado como Neossolo Regolítico eutrófico (BRASIL, 1972; SANTOS et al., 2013) de textura areia franca. Nessa área, foram retiradas aleatoriamente amostras simples do solo na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras foram destorroadas, homogeneizadas, secas ao ar e à sombra e encaminhadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Rural, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, para caracterização dos atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos. As metodologias utilizadas nas análises foram as compiladas por Donagema et al. (2011) e, os resultados podem ser observados na Tabela 1.1.

Tabela 3.1 Atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos do Neossolo Regolítico eutrófico, antes dos cultivos de melancia cv. Crimson Sweet, no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba

Fertilidade ¹												
pH	P	K	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V	PST	MO
	----- mg dm ⁻³ -----									----- % -----		g kg ⁻¹
	-									-		
6,44	129,11	71,46	0,29	2,20	1,75	0,0	0,33	4,42	4,75	93,05	6,11	10,92
Salinidade ²												
pH	CEes	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	Cl ⁻	PS	RAS	Classificação
	dS m ⁻¹									%		não salino
						--						
7,04	0,807	0,77	2,02	5,00	4,38	1,39	0,0	8,25	5,0	16,60	0,93	
Física ³												
Areia	Silte	Argila	Ad	Gf	Ds	Dp	PT	Umidade		Água disponível		
								0,01 MPa	1,5 MPa			
858	83	59	0	1000	1,53	2,57	0,40	77,48	27,66			49,82

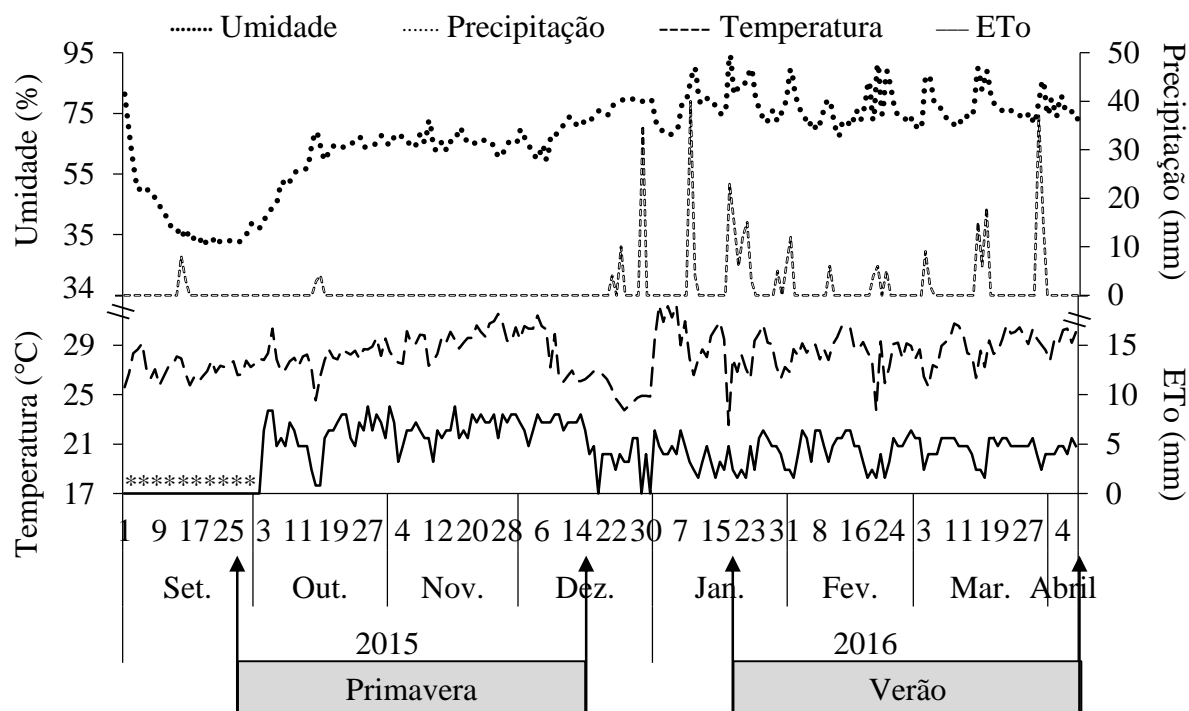
¹pH (potencial hidrogeniônico) em água; P (fósforo), K⁺ (potássio) e Na²⁺ (sódio) com extrator Mehlich 1; Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio) e Al³⁺ (alumínio) com extrator KCl 1 M; H⁺ + Al³⁺ (hidrogênio mais alumínio) com extrator acetato de cálcio 0,5 M a pH 7,0; SB (soma de bases) = K⁺ + Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺; CTC (capacidade de troca de cátions) = SB + H⁺ + Al³⁺; V (saturação por bases) = (SB/CTC) x 100; PST (percentagem de sódio trocável) = (Na⁺/CTC) x 100; MO (matéria orgânica) = carbono orgânico x 1,724, método Walkley-Black;

²CEes (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo); SO₄²⁻ (sulfato); CO₃²⁻ (carbonato); HCO₃²⁻ (bicarbonato); Cl⁻ (cloreto); PS (percentagem de sódio solúvel) = 100 x Na⁺ / (K⁺ + Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺); RAS (razão de adsorção de sódio) = Na⁺ / [0,5(Ca²⁺ + Mg²⁺)]^{0,5};

³Granulometria pelo método do densímetro, dispersante NaOH 1 M; Ad (argila dispersa em água); Gf (grau de floculação) = ((argila total - Ad)/argila total) x 100; Ds (densidade do solo); Dp (densidade de partícula); PT (porosidade total) = (Dp - Ds)/Dp.

3.2.4 Condições Meteorológicas

As condições meteorológicas no sítio Macaquinhos, durante os cultivos com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, consistiram no monitoramento diário da temperatura e umidade relativa do ar, da precipitação pluviométrica e da evapotranspiração de referência (ET_o) como podem ser observados na Figura 1.2. A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas a cada hora por Datalogger modelo HT-70 da Instrutherm[®]. A média diária da temperatura do ar foi calculada pela média das temperaturas extremas (ALLEN et al., 2006) e a umidade relativa média do ar através da média das leituras diária. A precipitação pluviométrica foi quantificada por pluviômetro e a evapotranspiração de referência através da evaporação do tanque Classe “A” multiplicado pelo coeficiente do tanque (ALLEN et al., 2006), adotando-se o coeficiente de 0,80 durante o experimento.



*****: dados não disponíveis

Figura 3.2 Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ET_o) no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba, Brasil.

No cultivo da primavera, 29/09/2015 a 18/12/2015, a temperatura média diária do ar mínima foi de 24,6°C, a máxima de 31,6°C, com média para o período de 28,6°C (Figura 1.2). A umidade média relativa do ar variou de 35,2% a 73,7%, com média de 62,3%. A precipitação pluviométrica acumulada foi de 7 mm, distribuída em dois dias. A evapotranspiração de referência diária mínima foi de 0,8 mm, com máxima de 8,8 mm e média de 6,1 mm. No cultivo de verão, 18/01/2016 a 7/04/2016, a temperatura média diária do ar mínima foi de 22,6°C, a máxima de 32,3°C, com média para o período de 28,0°C. A umidade média relativa do ar variou de 67,4% a 94,2%, com média de 77,4%. A precipitação pluviométrica acumulada foi de 222 mm, distribuída em 20 dias. A evapotranspiração de referência diária mínima foi de 1,6 mm, com máxima de 6,4 mm e média de 4,4 mm.

3.2.5 Instalação e Manejo da Cultura

3.2.5.1 Preparo da área

O preparo do solo consistiu na limpeza da área, através de capina com auxílio de enxada manual, e abertura das covas de plantio nas distâncias de 2 m entre linhas e 1 m entre covas nas linhas. As covas foram abertas com dimensões de 30 cm x 30 cm x 30 cm. Na camada superficial do solo retirado da cova, profundidade de 0-15 cm do perfil, foi incorporada a adubação de fundação com essa mistura retornado ao fundo da cova.

3.2.5.2 Semeadura e condução

As semeaduras foram realizadas em 29 de setembro de 2015, cultivo de primavera, e no dia 18 de janeiro de 2016, cultivo de verão, colocando três sementes por cova. Os cultivos foram realizados na mesma área, sendo que as linhas no cultivo de verão foram dispostas onde seriam as entrelinhas do cultivo de primavera. Após a emergência das plântulas, quando possuíam dois pares de folhas, realizou-se desbaste permanecendo apenas a mais vigorosa. A distribuição da cobertura morta, proveniente da limpeza da área, foi realizada em faixa de aproximadamente 50 cm de largura na linha de cultivo das subparcelas que receberam a prática do uso de cobertura morta sobre o solo.

3.2.5.3 Manejo da adubação

A adubação foi baseado na análise do solo (Tabela 1.1), tendo-se como referências as recomendações de Cavalcanti (2008). Foram aplicados $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de esterco curtido de gado bovino, 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 120 kg ha^{-1} de N e, conforme os tratamentos avaliados, 0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de K_2O . No preparo das covas, adubação de fundação, aplicou-se o esterco bovino, todo o fósforo na forma superfosfato simples (18% de P_2O_5 , 18% de Ca e 8% de S), 25% do nitrogênio como ureia (45% de N) e, um terço do potássio como cloreto de potássio (60% de K_2O). No preparo das covas na primavera também foi aplicado 10 kg ha^{-1} de sulfato de zinco (20% de Zn e 9% de S). O restante de nitrogênio e potássio foram aplicados em cobertura, com metade aos 35 dias após a semeadura e a outra metade aos 55 dias. Na última adubação de cobertura, como fonte de nitrogênio, se aplicou nitrato de cálcio (15% de N e 19% de Ca) com o objetivo de aumentar a disponibilidade de cálcio às plantas.

3.2.5.4 Manejo fitossanitário

As plantas daninhas foram controladas através de três capina com enxada manual. O controle preventivo de ácaros e fungos foi realizado com pulverizações de Cuprozeb® (44% de mancozeb e 30% de oxicloreto de cobre) na concentração de 200 mg L⁻¹ de água.

3.2.5.5 Manejo da irrigação

A água para a irrigação foi bombeada de reservatório de superfície para caixas d'água, capacidade para 3 m³, localizadas na cota mais alta da propriedade. As caixas ficavam a uma distância horizontal de 65 m do início da área de cultivo, com diferença de altura monométrica de 3 mca para o início da área. Parte da área foi irrigada com água do açude (0,3 dS m⁻¹) e a outra parte foi irrigada com água salinizada (3,0 dS m⁻¹), obtida através da dissolução de sal moído da VitaSal® (59,4% de Cl, 38,5% de Na, 1,0% de SO₄⁻, 0,28% de Ca, 0,20% de Mg e, 0,1% de iodato de potássio) na água proveniente do reservatório de superfície. O preparo da água salina era realizado com no mínimo 24 h de antecedência da irrigação, aferindo com condutivímetro digital portátil modelo CD-850 da Instrutherm®.

A irrigação foi pelo método localizado com fita gotejadora modelo Silver Drip da Golden Tree®, com emissores espaçados em 10 cm e vazão de 0,5 L h⁻¹. A frequência de irrigação foi diária, com a lâmina baseada nos coeficientes de cultivo (kc) das diferentes fases da cultura (FERREIRA et al., 2015; SANTOS et al., 2004), na evapotranspiração de referência (Figura 1.2), na faixa de molhamento de 0,5 m e na eficiência do sistema de 94%.

3.2.6 Variáveis Analisadas

No início da frutificação, surgimento dos primeiros frutos, foram coletadas folhas para determinação dos teores de elementos minerais e diagnóstico nutricional (TRANI; RAIJ, 1997). Nessa amostragem retirou-se a quinta folha do ramo principal, contando-se da ponta à base, desprezando-se o tufo inicial e evitando folhas danificadas ou com problemas fitossanitários. As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C até a desidratação e, em seguida, moídas em moinho do tipo faca. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante, do Departamento de Solos, da Universidade Federal de Viçosa, utilizando as metodologias descritas por Sarruge e Hagg (1974).

Com bases nos teores dos elementos minerais foi calculado o Índice de Balanço Nutricional (IBN), conforme descrito por Cantarutti et al. (2007) e Prado (2008), e apresentados a seguir:

$$IBN = \sum |I_E|$$

Sendo,

IBN – índice de balanço nutricional;

$\sum |I_E|$ – somatório dos índices DRIS dos elementos em módulo.

Os índices de cada nutriente foram calculados utilizando a seguinte equação:

$$I_E = \frac{\sum_{i=1}^m f\left(\frac{E}{E_i}\right) - \sum_{j=1}^n \left(\frac{E_j}{E}\right)}{m + n}$$

Onde,

I_E – índice para determinado elemento (E);

$f(E/E_i)$ – função da relação entre o elemento (E) do índice e outro elemento qualquer;

$f(E_j/E)$ – função da relação entre um elemento qualquer e o elemento do índice (E);

m – número de relações onde o elemento (E) em estudo aparece no numerador da razão da norma;

n – número de relações onde o elemento (E) em estudo aparece no denominador da razão da norma;

No cálculo das funções que compõem os índices descritos acima utilizou-se a seguinte expressão:

$$f(E/E_i) = \frac{\left[\left(\frac{E}{E_a}\right) - \left(\frac{E}{E_n}\right)\right]^k}{s}$$

Representando,

$f(E/E_i)$ – função da relação entre dois teores de elemento minerais no tecido foliar;

(E/E_a) – valor das relações dos elementos na população amostrada;

(E/E_n) – valor das relações dos elementos na população de referência (norma);

- k – constante de sensibilidade, valor arbitrário (10);
- s – desvio padrão da população de referência (norma).

As normas DRIS foram estabelecidas com base nos dados desta pesquisa, pois ainda não existe normas para a cultura da melancia (CAMPBELL, 2013), adotando-se procedimento utilizados por Wadt et al. (2007). Nessa primeira aproximação das normas DRIS para cultura da melancia, 96 amostras foram inicialmente divididas em duas subpopulações. Uma subpopulação de baixa produtividade ($< 30 \text{ t ha}^{-1}$) e uma subpopulação de alta produtividade ($\geq 30 \text{ t ha}^{-1}$), considerada a população de referência. Em cada subpopulação foram calculadas médias, variâncias (S^2), coeficientes de variações e o ajuste à distribuição normal das variáveis produtividade, dos elementos minerais e das relações entre os elementos. As funções que compõem os índices DRIS (N/P ou P/N) foram selecionadas com base na relação entre a variância da subpopulação de baixa produtividade e a população de referência, adotando a relação de maior valor. A aproximação das normas DRIS para a cultura da melancia pode ser observada nas Tabelas em Anexo.

3.2.7 Análises Estatísticas

Os resultados de cada época de cultivo foram inicialmente submetidos à análise de variância e, em seguida, avaliados quanto à homogeneidade dos erros (PEARSON; HARTLEY, 1956; PIMENTEL-GOMES, 2009). Quando estabelecida a homogeneidade entre as variâncias residuais das épocas de cultivo, adotando-se o teste Fmax ($p \leq 0,05$) de Hartley, a análise da variável foi realizada de forma conjunta.

Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando o teste F ($p \leq 0,05$), para se verificar os efeitos dos fatores isoladamente e suas interações. No desdobramento das interações dos fatores qualitativos também se utilizou do teste F para comparação de médias, admitindo-se erro de até 5% de probabilidade. Os efeitos quantitativos das doses de potássio foram testados por meio de regressão linear, com o teste F ($p \leq 0,10$) para se verificar o ajuste aos modelos. A regressão foi realizada independentemente dos efeitos dos demais fatores, sendo avaliada no desdobrada dos fatores qualitativos quando esses foram significativos (CHEW, 1977).

As variáveis também foram submetidas a análise de correlação de Pearson, com a significância avaliada pelo teste t. Para sintetizar as informações foi realizada análise de

componente principal (ACP) e de agrupamento com base nos escores dos tratamentos (HUSSON; LÊ; PAGÈS, 2010; MINGOTI, 2005). O critério utilizado para classificar a variável nos componentes foi baseada na relação $0,5(\lambda^{-0,5})$, sendo λ o autovalor do componente (OVALLES; COLLINS, 1988). Para facilitar a visualização da importância dos tratamentos sobre as variáveis foi construído Heatmap. Sendo que para plotar as médias das variáveis, os seus valores foram normalizados no intervalo de 0 (menor valor) a 1 (maior valor), aplicando a seguinte equação:

$$z_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

As análises dos dados foram realizadas utilizando os softwares SAS/STAT® versão 9.3. (SAS, 2012) e R-Studio versão 3.3.1 (TEAM, 2016).

3.3 RESULTADOS

As variâncias residuais, entre épocas de cultivo, foram homogêneas para os teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre (Tabela 3.2), cobre, ferro, sódio e para o índice de balanço nutricional (Tabela 3.3) de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, conforme o teste F de Hartley ($p \leq 0,05$). Para as concentrações de boro, zinco e manganês (Tabela 3.3) nas folhas as relações entre as variâncias residuais das épocas de cultivo foram não homogêneas. Dessa forma, sob variâncias residuais homogêneas às análises foram realizadas de forma conjunta.

Analisando isoladamente os fatores observou-se que a condutividade elétrica da água de irrigação afetou os teores foliares de nitrogênio (Tabela 3.2), manganês e sódio (Tabela 3.3); a época de cultivo influenciou nas concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio (Tabela 3.2) e no índice de balanço nutricional (Tabela 3.3); a cobertura morta influenciou apenas no conteúdo foliar de boro (Tabela 3.3) e; as doses de potássio alteraram os teores foliares de fósforo, potássio (Tabela 3.2), ferro e boro (Tabela 3.3) em plantas de melancia cv. Crimson Sweet.

Quanto as interações foram significativas apenas entre a condutividade elétrica da água de irrigação e as doses de potássio, para as variáveis ferro e sódio foliar (Tabela 3.3); doses de potássio e cobertura morta, sobre as concentrações foliares de cálcio e magnésio (Tabela 3.2); da cobertura morta com a época de cultivo, sobre ferro e sódio foliar (Tabela 3.3); das doses de potássio com época de cultivo, da condutividade elétrica da água de irrigação com cobertura morta e a época de cultivo e, da condutividade elétrica da água de irrigação com doses de potássio e época de cultivo, sobre a concentração foliar de sódio (Tabela 3.3) em plantas de melancia cv. Crimson Sweet.

Tabela 3.2 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)

		N	P	K	Ca	Mg	S
Teste de homogeneidade ¹		$F_{\text{Hartley}} = \sigma^2_{\text{maior}}/3\sigma^2_{\text{menor}}$					
		0,49 ^{ns}	1,15 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,88 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Fontes de Variações	Gl	Quadrado Médio					
Bloco/EC	4	0,2498 ^{ns}	0,0121*	0,5381 ^{ns}	0,6691 ^{ns}	0,0315 ^{ns}	0,0039 ^{ns}
Água (CEai)	1	2,1224*	0,0033 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,6570 ^{ns}	0,0228 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Época de cultivo (EC)	1	21,2346**	0,0543**	13,1335**	5,3742*	0,0194 ^{ns}	0,0016 ^{ns}
CEai x EC	1	1,1241 ^{ns}	0,0047 ^{ns}	0,0921 ^{ns}	0,6160 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0030 ^{ns}
Resíduo (a)	4	0,2729	0,0015	0,1417	0,5461	0,0329	0,0017
Cobertura Morta (CM)	1	0,0489 ^{ns}	0,0013 ^{ns}	0,0658 ^{ns}	0,5806 ^{ns}	0,0035 ^{ns}	0,0038 ^{ns}
Potássio (K)	3	0,7617 ^{ns}	0,0034**	1,2187**	0,5752 ^{ns}	0,0104 ^{ns}	0,0022 ^{ns}
CEai x CM	1	0,0008 ^{ns}	0,0017 ^{ns}	0,0132 ^{ns}	0,4645 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
CEai x K	3	0,3612 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0442 ^{ns}	0,2407 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	0,0012 ^{ns}
CM x K	3	0,2139 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0058 ^{ns}	1,1237*	0,0191*	0,0003 ^{ns}
CM x EC	1	0,1429 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0868 ^{ns}	0,4100 ^{ns}	0,0030 ^{ns}	0,0012 ^{ns}
K x EC	3	0,1516 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,2838 ^{ns}	0,0153 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
CEai x CM x K	3	0,1291 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0820 ^{ns}	0,0946 ^{ns}	0,0156 ^{ns}	0,0025 ^{ns}
CEai x CM x EC	1	0,0974 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0991 ^{ns}	0,2100 ^{ns}	0,0107 ^{ns}	0,0032 ^{ns}
CEai x K x EC	3	0,5270 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,0519 ^{ns}	0,4555 ^{ns}	0,0088 ^{ns}	0,0011 ^{ns}
CM x K x EC	3	0,7219 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0412 ^{ns}	0,2526 ^{ns}	0,0084 ^{ns}	0,0012 ^{ns}
CEai x CM x K x EC	3	0,1263 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,0277 ^{ns}	0,4122 ^{ns}	0,0047 ^{ns}	0,0012 ^{ns}
Resíduo (b)	56	0,5017	0,0008	0,0709	0,2730	0,0065	0,0014
CV(a) (%)		10,38	10,95	13,79	25,22	29,24	14,08
CV(b) (%)		14,08	8,10	9,76	17,83	12,96	12,98
Média		50,3 g kg ⁻¹	3,5 g kg ⁻¹	27,3 g kg ⁻¹	29,3 g kg ⁻¹	6,3 g kg ⁻¹	2,9 g kg ⁻¹

¹Modificada por Pimentel-Gomes (2012), com os valores críticos elaborada por Pearson e Hartley (1956);
^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 3.3 Teste de homogeneidade (FHartley) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis cobre (Cu), ferro (Fe), boro (B), zinco (Zn), manganês (Mn), sódio (Na) e índice de balanço nutricional (IBN), em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)

		Cu	Fe	B ¹	B ²	Zn ¹	Zn ²	Mn ¹	Mn ²	Na	IBN
Teste de homogeneidade ¹		$F_{Hartley} = \sigma^2_{\text{maior}}/3\sigma^2_{\text{menor}}$									
		0,43 ^{ns}	0,79 ^{ns}	----2,99**----		-----54,12**-----		----- 3,37**-----		0,52 ^{ns}	1,71 ^{ns}
Fontes de Variações	Gl	Quadrado Médio									
Bloco/EC	4	19,8663*	2940,24*	58041 ^{ns}	19,37 ^{ns}	45264*	45,64 ^{ns}	20456*	37,17 ^{ns}	0,026 ^{ns}	4193,15 ^{ns}
Água (CEai)	1	9,1637 ^{ns}	177,67 ^{ns}	2230,96 ^{ns}	1199,68 ^{ns}	12478 ^{ns}	5,60 ^{ns}	5166,75 ^{ns}	515,81*	0,406**	773,53 ^{ns}
Época de cultivo (EC)	1	19,2246 ^{ns}	926,91 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	0,056 ^{ns}	31023*
CEai x EC	1	8,8452 ^{ns}	535,82 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	0,049 ^{ns}	2094,56 ^{ns}
Resíduo (a)	4	2,6614	302,60	13447	1565,64	1733,35	12,16	436,14	21,51	0,013	1916,06
Cobertura Morta (CM)	1	5,245 ^{ns}	628,33 ^{ns}	29,11 ^{ns}	424,26**	114,08 ^{ns}	1,61 ^{ns}	63,94 ^{ns}	14,69 ^{ns}	0,002 ^{ns}	32,56 ^{ns}
Potássio (K)	3	3,2923 ^{ns}	1034,63*	5002,74**	90,65 ^{ns}	4550,1 ^{ns}	15,73 ^{ns}	1562,78 ^{ns}	120,48 ^{ns}	0,003 ^{ns}	892,86 ^{ns}
CEai x CM	1	5,10160 ^{ns}	299,27 ^{ns}	2971,46 ^{ns}	0,71 ^{ns}	2177,56 ^{ns}	35,02 ^{ns}	74,75 ^{ns}	10,59 ^{ns}	0,003 ^{ns}	374,06 ^{ns}
CEai x K	3	5,8183 ^{ns}	1370,21**	1123,03 ^{ns}	138,40 ^{ns}	786,62 ^{ns}	16,79 ^{ns}	412,26 ^{ns}	186,92 ^{ns}	0,042**	191,03 ^{ns}
CM x K	3	1,6068 ^{ns}	366,60 ^{ns}	1599,14 ^{ns}	43,66 ^{ns}	1435,92 ^{ns}	26,59 ^{ns}	218,01 ^{ns}	60,20 ^{ns}	0,005 ^{ns}	448,18 ^{ns}
CM x EC	1	4,3520 ^{ns}	1332,06*	-	-	-	-	-	-	0,031*	1035,32 ^{ns}
K x EC	3	1,7377 ^{ns}	508,73 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	0,019*	213,54 ^{ns}
CEai x CM x K	3	4,4657 ^{ns}	55,49 ^{ns}	297,88 ^{ns}	13,58 ^{ns}	575,19 ^{ns}	2,54 ^{ns}	5,62 ^{ns}	65,40 ^{ns}	0,006 ^{ns}	277,14 ^{ns}
CEai x CM x EC	1	0,6240 ^{ns}	59,38 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	0,052**	320,26 ^{ns}
CEai x K x EC	3	1,9122 ^{ns}	188,66 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	0,018*	432,04 ^{ns}
CM x K x EC	3	1,3703 ^{ns}	585,26 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	0,008 ^{ns}	632,80 ^{ns}
CEai x CM x K x EC	3	0,7758 ^{ns}	559,5729 ^{ns}	-	-	-	-	-	-	0,011 ^{ns}	197,88 ^{ns}
Resíduo (b)	56	2,6135	252,43	1046,88	52,77	2317,65	12,79	659,53	86,85	0,005	374,11
CV(a) (%)		14,06	15,71	84,38	55,83	26,57	9,17	17,17	8,74	57,25	54,04
CV(b) (%)		13,94	14,35	23,54	10,25	30,72	9,40	21,12	17,56	33,53	23,87
Média		11,6 mg kg ⁻¹	110,7 mg kg ⁻¹	137,4 mg kg ⁻¹	70,9 mg kg ⁻¹	156,7 mg kg ⁻¹	38,0 mg kg ⁻¹	121,6 mg kg ⁻¹	53,1 mg kg ⁻¹	2,0 g kg ⁻¹	81

¹Modificada por Pimentel-Gomes (2012), com os valores críticos elaborada por Pearson e Hartley (1956);

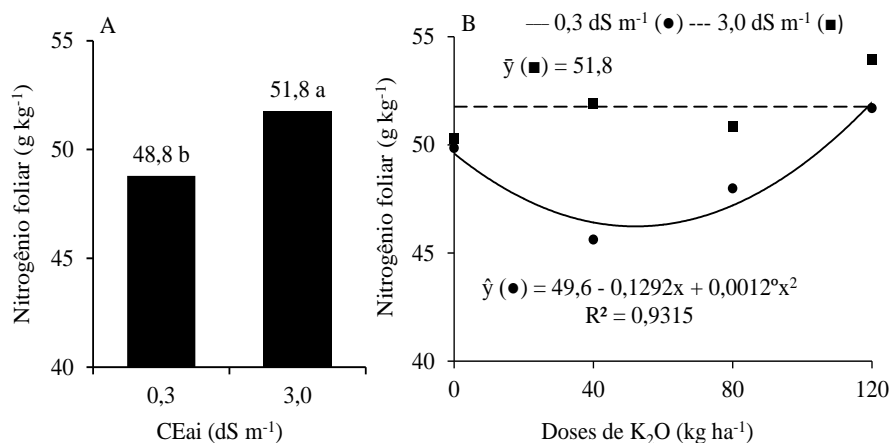
¹Dados coletados no ciclo realizado na primavera, com graus de liberdade de Bloco, Resíduo (a) e Resíduo (b) de 3, 3 e 42, respectivamente;

²Dados coletados no ciclo realizado no verão, com graus de liberdade de Bloco, Resíduo (a) e Resíduo (b) de 2, 2 e 28, respectivamente;

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

3.3.1 Nitrogênio

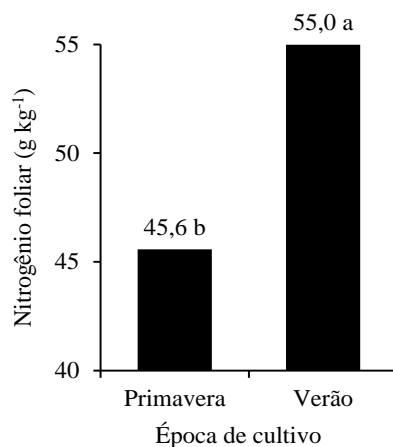
O teor foliar de nitrogênio foi afetado tanto pela condutividade elétrica da água de irrigação como pela época de cultivo (Tabela 3.2). Nas áreas irrigadas com água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ obteve-se, em média, a concentração foliar de $48,8 \text{ g kg}^{-1}$ de nitrogênio enquanto, sob irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ o teor foliar foi de $51,8 \text{ g kg}^{-1}$, acréscimo de 6% (Figura 3.3A). Sob manejo com água não salina ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) a aplicação de 120 kg ha^{-1} de K_2O proporcionou o maior conteúdo de nitrogênio foliar ($51,4 \text{ g kg}^{-1}$), mas até a dose de 54 kg ha^{-1} de K_2O houve redução no teor do nitrogênio (Figura 3.3B). Com o uso de água salina ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) o teor foliar de nitrogênio não foi alterado pelo aumento nas doses de potássio.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).
°: significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3.3 Teor foliar de nitrogênio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ (A) e, em função de doses de potássio (B).

As médias dos teores foliares de nitrogênio, em cultivos de primavera e verão, foram respectivamente de $45,6 \text{ g kg}^{-1}$ e $55,0 \text{ g kg}^{-1}$ (Figura 3.4). Diferença de $0,9 \text{ g kg}^{-1}$ ou 20% no teor deste nutriente entre os cultivos. Nessas épocas de cultivo não observou-se efeito do aumento nas doses de potássio sobre a concentração foliar de nitrogênio.

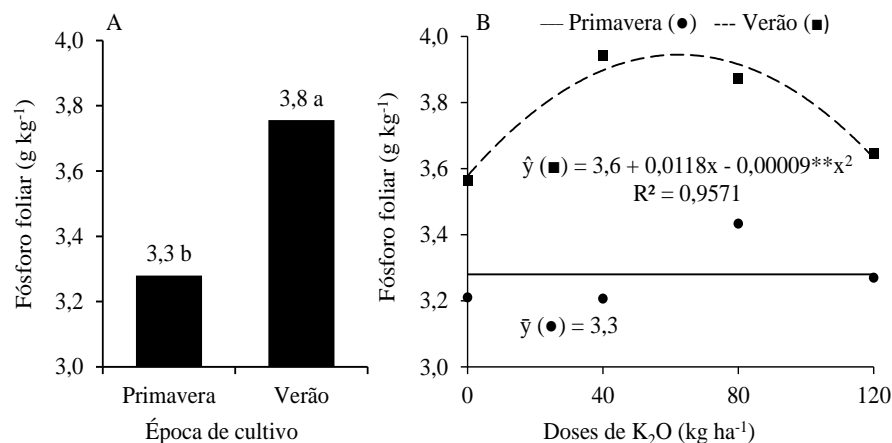


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 3.4 Teor foliar de nitrogênio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera e verão.

3.3.2 Fósforo

O teor foliar de fósforo foi afetado pela condutividade elétrica da água de irrigação como pelas doses de potássio (Tabela 3.2). As concentrações de fósforo foram, em média, de 3,3 g kg⁻¹ na primavera e de 3,8 g kg⁻¹ no verão, aumento de 0,5 g kg⁻¹ ou 15% (Figura 3.5A). Em cultivo de primavera o aumento nas doses de potássio não teve efeito sobre conteúdo de fósforo foliar (Figura 3.5B). No verão a aplicação de potássio, até a dose de 66 kg ha⁻¹ de K₂O, favoreceu o acúmulo foliar de fósforo que foi de 4,0 g kg⁻¹, sendo esta concentração superior em 11% e inferior em 8% às condições de ausência de aplicação de potássio e a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente



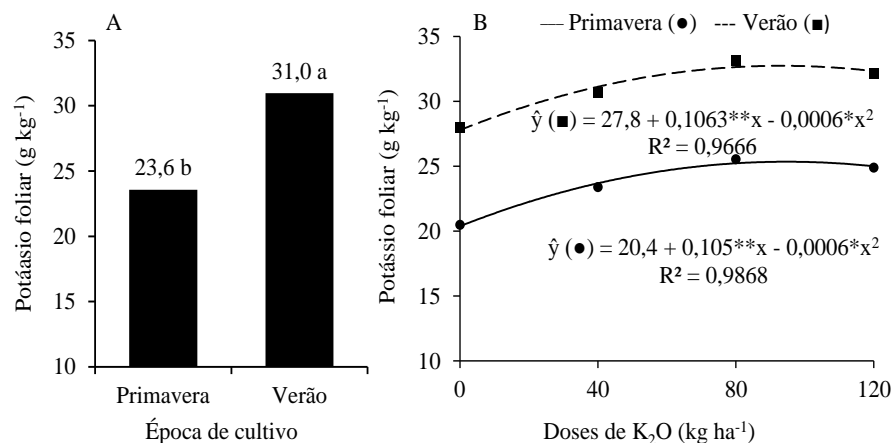
Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

**: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3.5 Teor foliar de fósforo em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).

3.3.3 Potássio

O teor foliar de potássio foi afetado pelos mesmos fatores que influenciaram o teor foliar de fósforo, ou seja, época de cultivo e doses de potássio (Tabela 3.2). Os teores foliares médios de potássio foram de 23,6 g kg⁻¹, na primavera, e de 31,0 g kg⁻¹, no verão, com acréscimo de 7,4 g kg⁻¹ ou 30% na concentração deste nutriente (Figura 3.6A). O aumento nas doses de potássio até a dose de 88 kg ha⁻¹ de K₂O proporcionou as maiores concentrações foliares do nutriente, que foram de 25,0 g kg⁻¹ na primavera e de 32,5 g kg⁻¹ no verão, aumentos de 23% e 17% quando comparadas à condição de ausência de aplicação de potássio, respectivamente (Figura 3.6B).

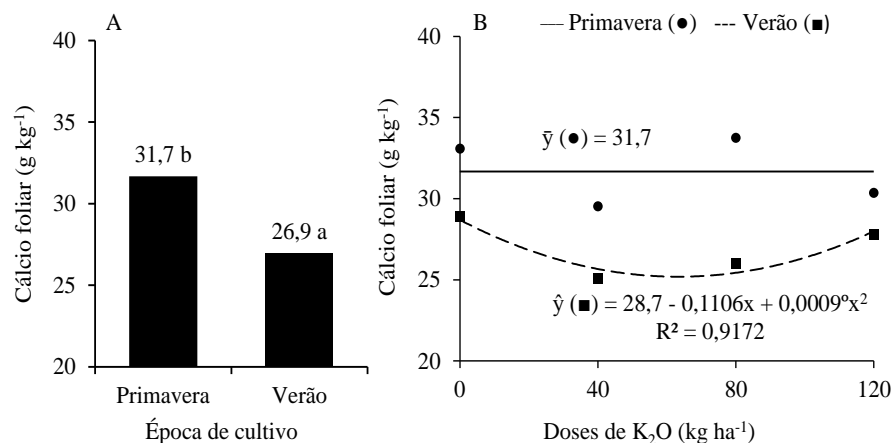


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).
 * e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 3.6 Teor foliar de potássio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).

3.3.4 Cálcio

O teor foliar de cálcio foi influenciado pela época de cultivo e pela interação entre os fatores cobertura morta e doses de potássio (Tabela 3.2). No cultivo de primavera a concentração de cálcio nas folhas foi 31,7 g kg⁻¹, enquanto no verão obteve-se a média de 26,9 g kg⁻¹ (Figura 3.7A). Na primavera o aumento nas doses de potássio não alterou o conteúdo foliar de cálcio (Figura 3.7B). No verão o teor de cálcio diminuiu com o aumento da aplicação de potássio até a dose de 61 kg ha⁻¹ de K₂O, obtendo-se a concentração de 25,3 g kg⁻¹, menor em 13% ao conteúdo de cálcio obtido tanto na ausência de aplicação de potássio como na dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O.

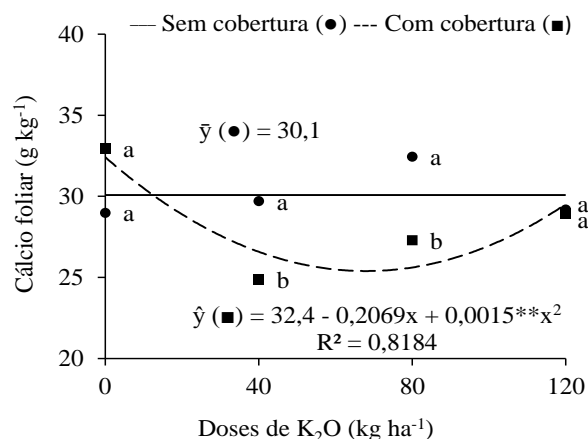


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

°: significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3.7 Teor foliar de cálcio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera e verão (A) e, em função de doses de potássio (B).

A interação entre a prática da cobertura morta e as doses de potássio sobre o teor foliar de cálcio, em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, pode ser observado na Figura 3.8. O uso de cobertura morta reduziu as concentrações foliares de cálcio, mas apenas quando as áreas foram adubadas com as doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Nas áreas sem cobertura morta o aumento na aplicação de potássio não influenciou o conteúdo foliar de cálcio, mas com o uso de cobertura observou-se que o aumento na dose de potássio até 69 kg ha⁻¹ de K₂O reduziu o cálcio foliar em 22% ao se comparar com plantas sem aplicação de potássio.



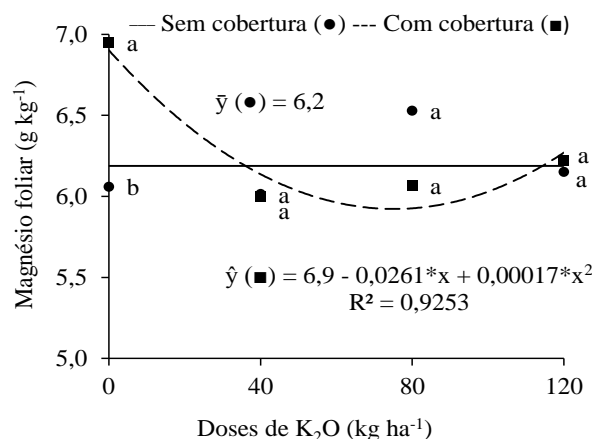
Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

**: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3.8 Teor foliar de cálcio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta, em função de doses de potássio.

3.3.5 Magnésio

O teor foliar de magnésio foi influenciado pela interação entre os fatores cobertura morta e doses de potássio (Tabela 3.2). O uso de cobertura morta proporcionou maior concentração foliar de magnésio apenas na ausência de aplicação de potássio, sob as demais doses não se observou diferença (Figura 3.9). Nas área sem cobertura morta o aumento na aplicação de potássio não influenciou o conteúdo foliar de magnésio, mas com o uso de cobertura observou-se que o aumento na dose de potássio até 77 kg ha⁻¹ de K₂O reduziu o cálcio foliar em 14% ao se comparar com plantas sem aplicação de potássio.



Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3.9 Teor foliar de magnésio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta, em função de doses de potássio.

3.3.6 Enxofre

As variações nos teores de enxofre foliar não foram influenciadas pelos fatores avaliados (Tabela 3.2), com média de 2,9 g kg⁻¹.

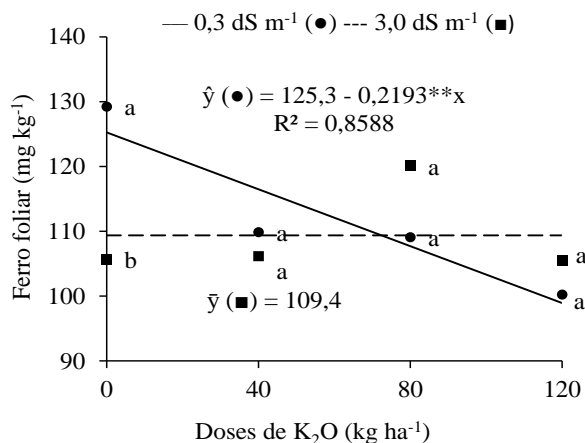
3.3.7 Cobre

A concentração foliar de cobre não foram influenciadas pelos fatores avaliados como observado também para os teores de enxofre (Tabela 3.3). Obtendo-se, em média, a concentração de 11,6 mg kg⁻¹ de cobre foliar.

3.3.8 Ferro

O teor foliar de ferro foi afetado pelas doses de potássio e pelas interações entre doses de potássio com condutividade elétrica da água de irrigação e, entre prática da cobertura morta com épocas de cultivo (Tabela 3.3). O uso de água salina (3,0 dS m⁻¹) reduziu o conteúdo de ferro, mas apenas quando não se aplicou potássio, não havendo diferença da salinidade da água sob as demais doses de potássio (Figura 3.10). Nas irrigadas com água não salina (0,3 dS m⁻¹) observou-se que o aumento na dose de potássio refletiu redução de 2% a cada 10 kg ha⁻¹ de

K₂O aplicado. Quando utilizou-se água com condutividade elétrica de 3,0 dS m⁻¹ o aumento nas doses de potássio não alterou a concentração de ferro.

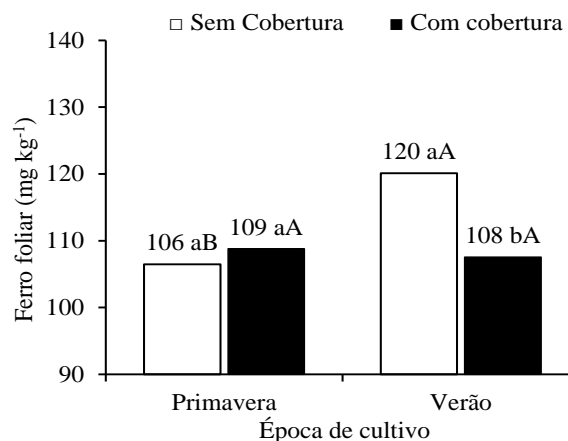


Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3.10 Teor foliar de ferro em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

Os valores médios do teor foliar ferro na interação entre épocas de cultivo e cobertura morta podem ser observados na Figura 3.11. Na primavera não se observou efeito da cobertura morta obtendo-se 108 mg kg⁻¹ na concentração foliar de ferro. No verão obteve-se nas áreas sem e com cobertura morta as médias de 120 mg kg⁻¹ e 108 mg kg⁻¹, respectivamente, redução de 10% no teor de ferro foliar ocasionada pelo uso de cobertura do solo. Também observou-se que nas áreas sem cobertura o teor foliar de ferro foi maior no verão (120 mg kg⁻¹) em comparação com a primavera (106 mg kg⁻¹), enquanto nas áreas com cobertura não se obteve diferença entre as épocas de cultivo (109 mg kg⁻¹).



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre os níveis de cobertura morta e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 3.11 Teor foliar de ferro em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta, em cultivos de primavera e verão.

Os efeitos das doses de potássio sobre o teor foliar de ferro podem ser observados na Figura 3.12. Na primavera, o aumento nas doses de potássio não influenciou a concentração foliar de ferro das plantas cultivadas nas áreas sem cobertura morta, enquanto nas áreas com cobertura morta ocorreu redução deste micronutriente em 2% a cada 10 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 3.12A). No verão, independentemente do uso de cobertura morta do solo, o aumento nas doses de potássio não alterou o conteúdo de ferro foliar (Figura 3.12B).

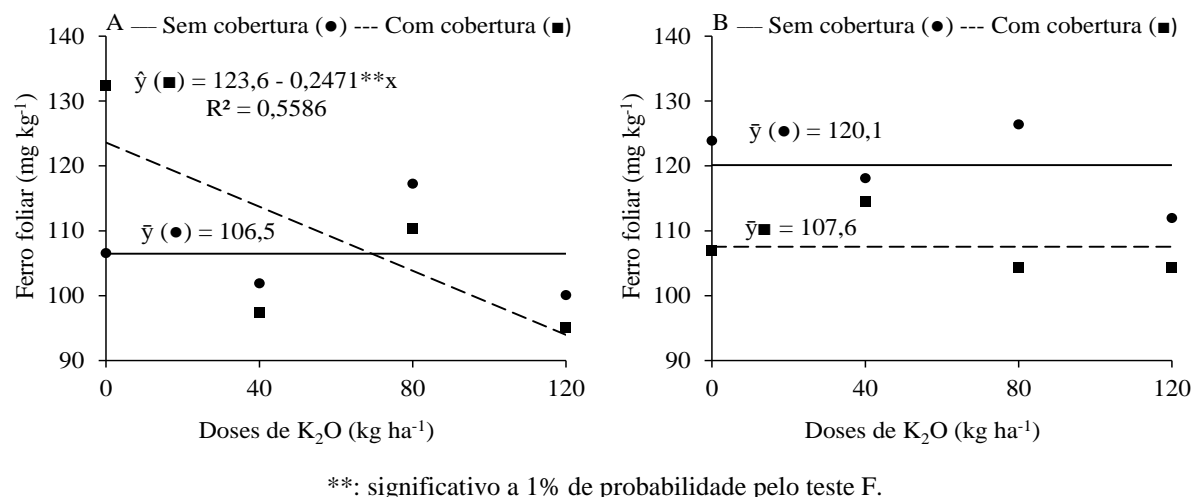
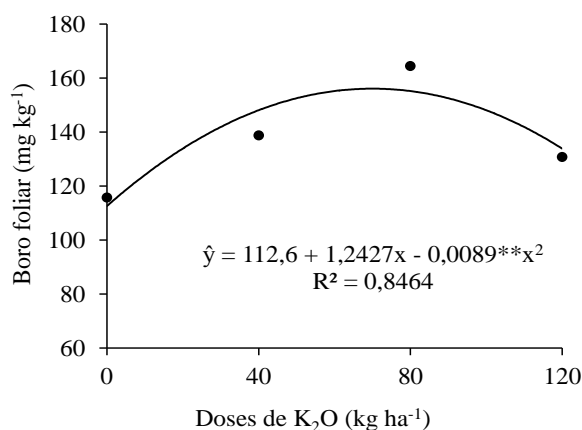


Figura 3.12 Teor foliar de ferro em folhas de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), nas áreas sem e com cobertura morta, em função de doses de potássio.

3.3.9 Boro

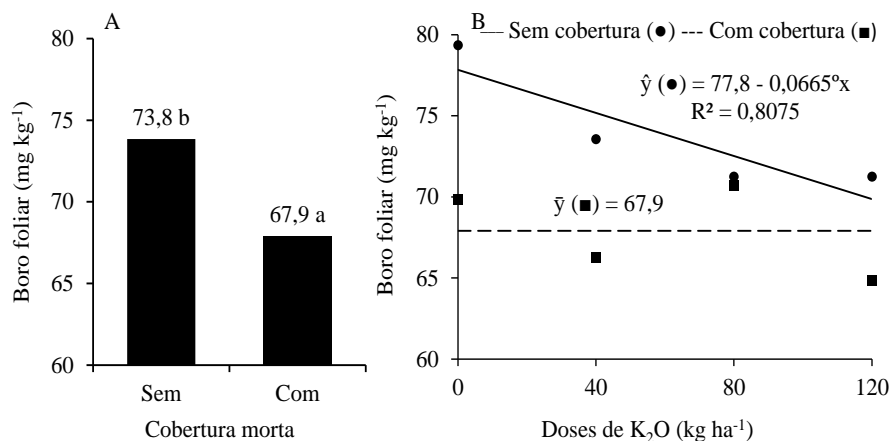
O teor foliar de boro foi afetado pelas doses de potássio, no cultivo de primavera, e pela cobertura morta do solo, no cultivo de verão (Tabela 3.3). Na primavera as plantas que não receberam adubação potássica possuíam $112,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de boro, sendo observado aumento na concentração deste micronutriente até a dose de 70 kg ha^{-1} de K_2O que proporcionou conteúdo de 156 mg kg^{-1} , acréscimo de 27% (Figura 3.13).



**: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3.13 Teor foliar de boro em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivo de primavera, em função de doses de potássio.

No verão os teores foliares de boro foram de 73,8 mg kg⁻¹ nas áreas sem cobertura morta e de 67,9 mg kg⁻¹ nas áreas com cobertura morta (Figura 3.14A). Nas áreas sem cobertura morta observou-se redução em 1% no teor foliar de boro ocasionado pelo acréscimo de cada 10 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 3.14B). Nas áreas com cobertura morta o aumento nas doses de potássio não alterou o conteúdo de boro nas folhas.

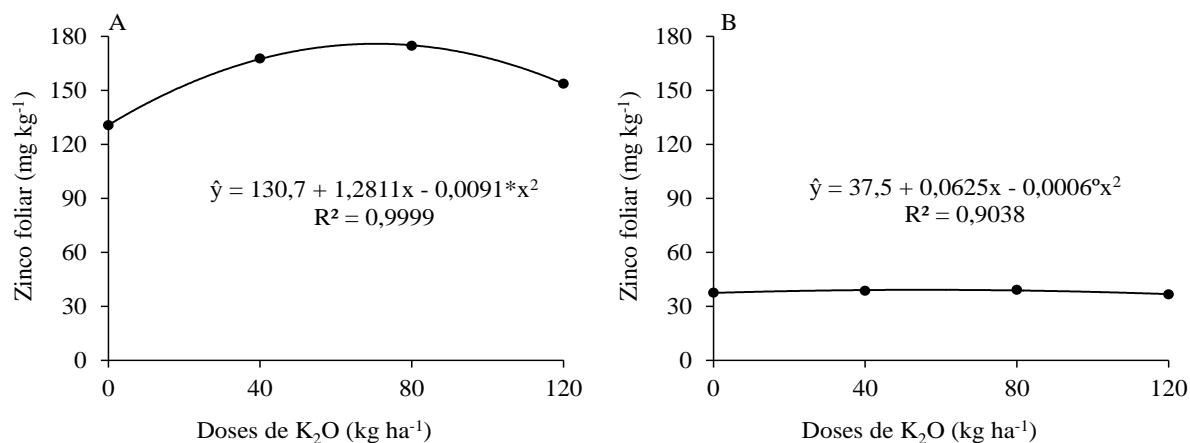


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).
 °: significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Figura 3.14 Teor foliar de boro em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta (A) e, em função de doses de potássio (B).

3.3.10 Zinco

O teor foliar de zinco não foi afetado pelos fatores em estudo (Tabela 3.3), mas o aumento na aplicação de potássio resultou em maiores concentrações do micronutriente (Figura 3.15). Na primavera o teor foliar de zinco aumentou até a dose de 70 kg ha⁻¹ de K₂O, com valor máximo de 175,8 mg kg⁻¹, aumento de 35% em relação às plantas que não receberam adubação potássica (Figura 3.15A). No verão a dose que proporcionou maior concentração de zinco, estimada em 39,1 mg kg⁻¹, foi de 52 kg ha⁻¹ de K₂O, acréscimo de 4% em relação a não aplicação de potássio (Figura 3.15B).

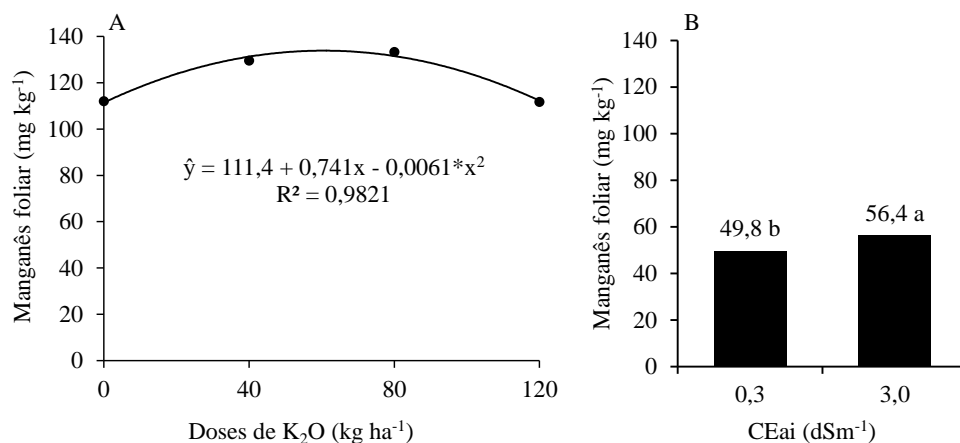


° e *: significativo a 10% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 3.15 Teor foliar de zinco em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivos de primavera (A) e verão (B), em função de doses de potássio.

3.3.11 Manganês

O teor foliar de manganês, em cultivo de primavera, não foi influenciado pelos fatores estudados, mas no verão observou-se efeito da condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 3.3). Na primavera observou-se que o aumento na dose de potássio até 61 kg ha⁻¹ de K₂O favoreceu o incremento na concentração foliar de manganês, proporcionando valor máxima 133,9 mg kg⁻¹, incremento de 20% em relação a ausência de aplicação de potássio (Figura 3.16A). No verão obteve-se médias de 49,8 mg kg⁻¹ e 56,4 mg kg⁻¹ de manganês foliar nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ e de 3,0 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 3.16B). Esse incremento representou aumento na concentração foliar de manganês de 6,6 mg kg⁻¹ ou 13% ocasionado pela água de maior condutividade elétrica (3,0 dS m⁻¹). Não se observou-se variação do teor foliar de manganês na época do verão com o aumento das doses de potássio.



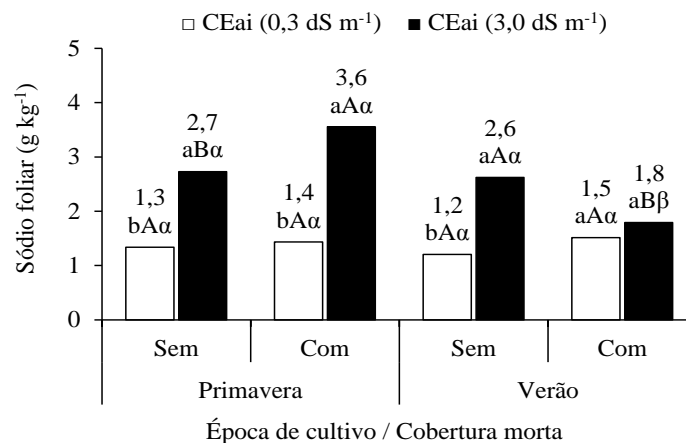
*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.
 Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 3.16 Teor foliar de manganês em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, em cultivo de primavera em função de doses de potássio (A), e em cultivo de verão sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹ (B).

3.3.12 Sódio

O teor foliar de sódio foi influenciado pela condutividade elétrica da água de irrigação e pelas interações da condutividade elétrica da água de irrigação com as doses de potássio, da cobertura morta com a época de cultivo, das doses de potássio com a época de cultivo, da condutividade elétrica da água de irrigação com a cobertura morta e a época de cultivo e, da condutividade elétrica da água de irrigação com doses de potássio e a época de cultivo (Tabela 3.3). As médias da concentração foliar de sódio na interação entre condutividade elétrica da água de irrigação, cobertura morta e época de cultivo podem ser observadas na Figura 3.17.

Com exceção para o verão nas áreas com cobertura morta, a irrigação com água de maior condutividade elétrica (3,0 dS m⁻¹) proporcionou aumento superior a 108% no teor foliar de sódio em comparação ao uso da água com menor condutividade elétrica (0,3 dS m⁻¹). Observou-se também que o uso de cobertura morta, nas áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, proporcionou um aumento em 33%, na primavera, e diminuição em 31%, no verão, na concentração foliar de sódio. Para as épocas de cultivo observou-se diferença no teor foliar de sódio apenas nas áreas com cobertura morta irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, tendo-se no verão acúmulo sódio foliar de apenas 50% do observado na primavera. O aumento nas doses de potássio, independentemente da combinação entre condutividade elétrica da água de irrigação, cobertura morta e época de cultivo, não alterou o conteúdo foliar de sódio.

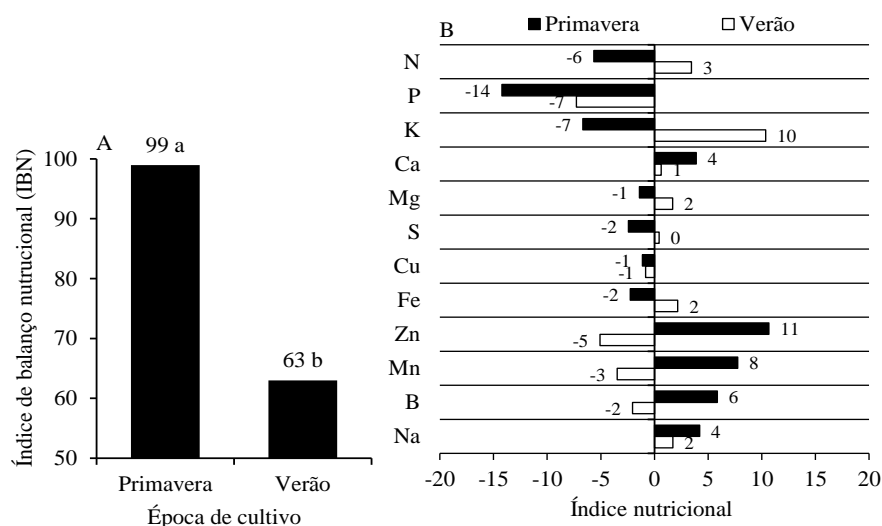


Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de condutividade elétrica da água de irrigação, maiúsculas entre níveis de cobertura morta e grega entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 3.17 Teor foliar de sódio em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, nas áreas sem e com cobertura morta, em cultivos de primavera e verão.

3.3.13 Índice de balanço nutricional

O índice de balanço nutricional (IBN) foi influenciado pela época de cultivo (Tabela 3.3). Os valores do IBN foram de 99, na primavera, e de 63, no verão, o que indica maior desequilíbrio nutricional nas plantas cultivadas na primavera (Figura 3.18A). Na primavera, de acordo com os índices dos nutrientes, o maior desequilíbrio nutricional está relacionado a menor concentração de fósforo e ao excesso de zinco (Figura 3.18B). No verão os nutrientes que comprometeram a nutrição foram o fósforo, ocasionando deficiência, e o potássio, acumulado em excesso.

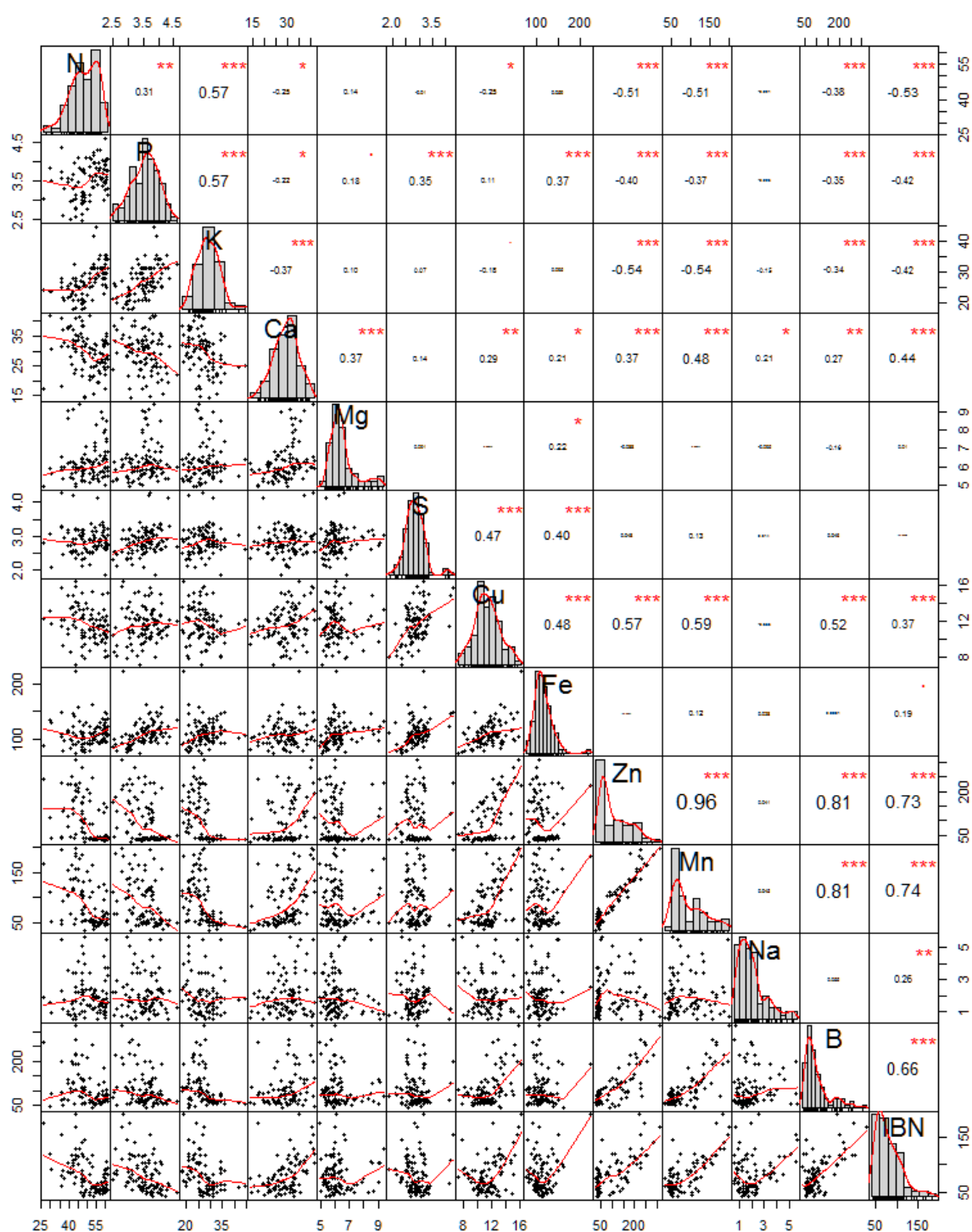


Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 3.18 Índice de balanço nutricional (A) e índices nutricionais dos elementos minerais (B), em cultivos de primavera e verão, de plantas de melancia cv. Crimson Sweet.

3.3.14 Análises de correlação e multivariadas

As correlações entre os elementos minerais, em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, podem ser observadas na Figura 3.19. Podendo-se observar efeitos sinérgicos de zinco com manganês ($\rho = 0,96$), zinco com boro ($\rho = 0,81$), manganês com boro ($\rho = 0,81$), cobre com manganês ($\rho = 0,59$), cobre com zinco ($\rho = 0,57$), nitrogênio com potássio ($\rho = 0,57$), fósforo com potássio ($\rho = 0,57$) e, cobre com boro ($\rho = 0,52$). Efeitos antagônicos foram observados em potássio com zinco ($\rho = -0,54$), potássio com manganês ($\rho = -0,54$), nitrogênio com zinco ($\rho = -0,51$) e, nitrogênio com manganês ($\rho = -0,51$). Os nutrientes que mais contribuíram com o aumento do índice de balanço nutricional foram manganês ($\rho = 0,74$), zinco ($\rho = 0,73$) e boro ($\rho = 0,66$).



N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; Na = sódio; B = boro e; IBN = índice de balanço nutricional (IBN).

*, ** e ***: significativo a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade pelo teste t, respectivamente.

Figura 3.19 Correlação de Pearson entre variáveis nutricionais de plantas de melancia cv. Crimson Sweet.

Na análise de componente principal as 13 variáveis foram resumidas em três componentes, com 74,5% da variação total (Tabela 3.4). O primeiro componente, explicou 49,5% da variabilidade total, sendo utilizado para realizar o diagnóstico nutricional. Nesse componente o desequilíbrio nutricional (IBN) esteve associado aos excessos de manganês, zinco, boro, cálcio e cobre e as deficiências de nitrogênio, potássio e fósforo. O segundo componente, que explica 14,8% da variabilidade total, representou possível ação sinérgica entre os nutrientes minerais enxofre, cobre e ferro. O terceiro componente, contendo 10,2% da variabilidade total, representando o antagonismo entre magnésio e sódio foliar.

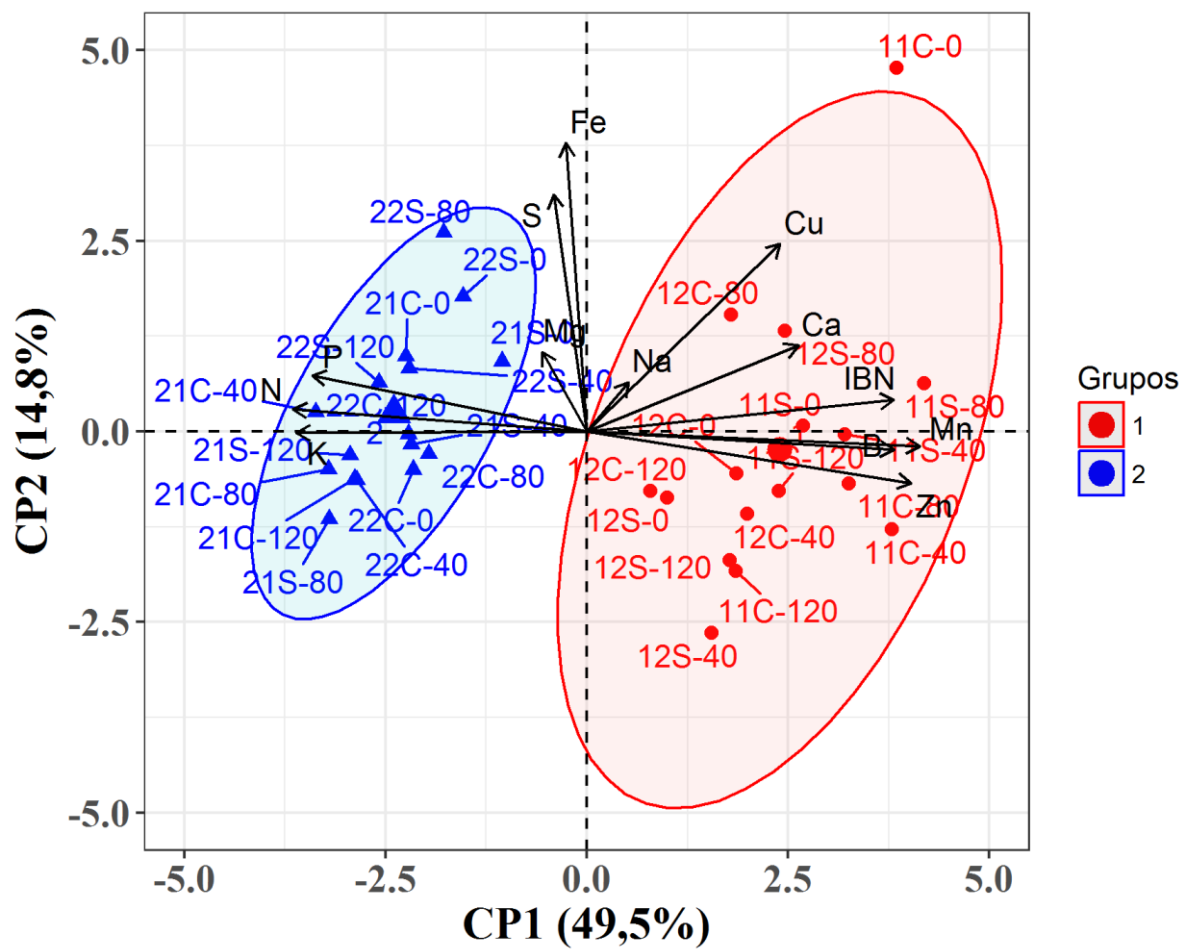
Tabela 3.4 Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP) de variáveis nutricionais de plantas de melancia cv. Crimson Sweet

	CP1	CP2	CP3
Autovalor (λ)	6,34	1,93	1,32
Variância explicada (%)	49,5	14,8	10,2
Variância acumulada (%)	49,5	64,3	74,5
	Autovetores ¹		
Nitrogênio (N)	-0,3418	0,0501	-0,0676
Fósforo (P)	-0,3195	0,1259	0,2241
Potássio (K)	-0,3379	-0,0036	-0,0687
Cálcio (Ca)	0,2466	0,1930	-0,0760
Magnésio (Mg)	-0,0520	0,1789	-0,6683
Enxofre (S)	-0,0387	0,5318	0,1018
Cobre (Cu)	0,2251	0,4208	-0,0774
Ferro (Fe)	-0,0243	0,6473	0,0095
Zinco (Zn)	0,3778	-0,1161	-0,0238
Manganês (Mn)	0,3875	-0,0329	-0,0242
Sódio (Na)	0,0485	0,1108	0,6850
Boro (B)	0,3576	-0,0408	0,0107
Índice de balanço nutricional (IBN)	0,3572	0,0708	0,0339

¹O critério utilizado para separar as variáveis representativas do componente foi baseado no módulo da relação $0,5(\lambda^{-0,5})$, estando destacada em negrito (OVALLES; COLLINS, 1988).

De acordo com a análise de agrupamento foi possível formar dois grupos, que foram determinados praticamente pelas épocas de cultivo (Figura 3.20). Na primavera, que formou o primeiro grupo, as plantas de melancia Crimson Sweet estavam com a nutrição desequilibrada

devido ao excesso de micronutrientes e sódio. No verão, segundo grupo, considerou-se que as plantas estavam nutricionalmente equilibradas.



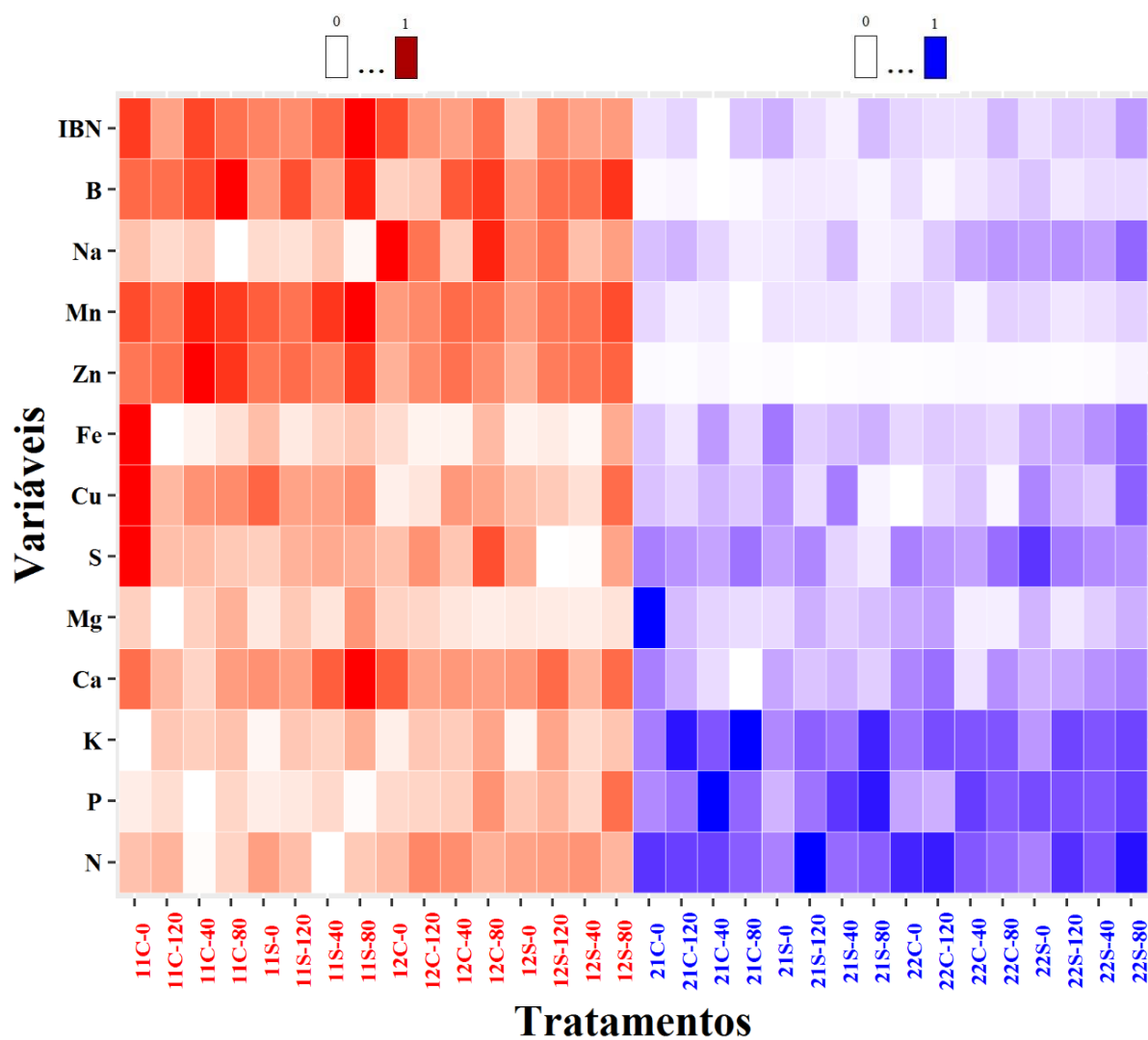
Tratamento	EC	CEai (dS m ⁻¹)	CM	K (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
11S-0	1 – primavera	1 – 0,3	S – sem	0
11S-40				40
11S-80				80
11S-120				120
22C-0	2 – verão	2 – 3,0	C – com	0
22C-40				40
22C-80				80
22C-120				120

N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; Na = sódio; B = boro e; IBN = índice de balanço nutricional (IBN).

Figura 3.20 Dispersão das variáveis de nutrição mineral de plantas de melancia cv. Crimson Sweet e agrupamentos dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.

A intensidade dos efeitos dos tratamentos sobre as variáveis, em escala normalizada, pode ser observada no Heatmap ilustrado na Figura 3.21. Na primavera, que constituiu o primeiro grupo na análise de agrupamento, encontrou-se os menores teores foliares de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, ferro, sódio e, as maiores concentrações

foliares de cálcio, enxofre, cobre, ferro, zinco, manganês, sódio e boro. Nesse período também foi obtido o maior valor do índice de balanço nutricional, implicando em maior desequilíbrio nutricional. Sendo que esses extremos foram determinados por diferentes tratamentos dentro do grupo, como as menores concentrações de potássio obtidos quando não se aplicou potássio. A menor concentração de sódio obtido nas áreas com cobertura morta, irrigadas com água não salina ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$) e com aplicação de potássio e, a maior nas áreas com cobertura morta, irrigadas com água salina ($3,0 \text{ dS m}^{-1}$) e sem aplicação de potássio. No verão, segundo grupo, obteve-se os maiores conteúdos de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e os menores teores de zinco, manganês, e boro. Nesse período obteve-se o menor índice de balanço nutricional, obtido na associação entre uso de cobertura morta, irrigação com água de condutividade elétrica de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e aplicação de 40 kg ha^{-1} de K_2O .



Tratamento	EC	CEai (dS m ⁻¹)	CM	K (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
11S-0	1 – primavera	1 – 0,3	S – sem	0
.	.	.	.	40
.	.	.	.	80
22C-120	2 – verão	2 – 3,0	C – com	120

N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; Cu = cobre; Fe = ferro; Zn = zinco; Mn = manganês; Na = sódio; B = boro e; IBN = índice de balanço nutricional (IBN).

Figura 3.21 Heatmap dos valores normalizados na escala de 0 (menor) a 1 (maior) das variáveis de nutrição mineral de plantas de melancia cv. Crimson Sweet que compõem os dois grupos.

3.4 DISCUSSÃO

A composição nutricional das plantas de melancia cv. Crimson Sweet foi afetada por todos os fatores estudados, com destaque para a época de cultivo e as doses de potássio. A faixa adequada de nitrogênio foliar na melancieira está entre 25 g kg⁻¹ e 50 g kg⁻¹ (TRANI; RAIJ, 1997), sendo que no presente estudo o uso de água salina (Figura 3.3A) aumentou o conteúdo deste nutriente. Oliveira et al. (2011), observaram que o aumento da salinidade da água até 1,5 dS m⁻¹ elevou a concentração foliar de nitrogênio em berinjela, sendo após esse nível salino reduzido o teor de nitrogênio. Já Carmo et al. (2011), com plantas de abóbora, e Lucena et al. (2011), com melancieiras cultivar Quetzale, observaram apenas redução no teor foliar de nitrogênio com o aumento da salinidade. O nitrogênio aplicado via ureia (CO(NH₂)₂) no solo pode se transformar em amônia (NH₃) e nitrato (NO₃⁻) (UNIFERTIL, 2015), sendo que o aumento do sódio no solo via água de irrigação pode ter favorecido a absorção de nitrato pelas melancieiras.

Em relação ao maior teor foliar de nitrogênio no verão (Figura 3.4) se justifica pela maior umidade no solo, provocado pela precipitação pluviométrica, o que contribui para a menor volatilização de nitrogênio e, conseqüentemente maior disponibilidade deste nutriente às plantas. De acordo com Larcher (2006), os fatores externos como a duração, a intensidade e a distribuição espectral da radiação, a temperatura, entre outros fatores, afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas sob diferentes formas. Observando valores maiores de umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica na época do verão em comparação com primavera (Figura 1.2).

O teor foliar de fósforo estava na faixa adequada (3 a 7 g kg⁻¹), conforme Trani e Raij (1997), com maior concentração no verão (Figura 3.5A), provavelmente pela ocorrência de maior precipitação (Figura 1.2) na área o que favoreceu maior crescimento radicular. De acordo com Prado (2008) a maior parte do fósforo absorvido pelas raízes, aproximadamente 90%, ocorre pelo processo de difusão; sendo que a maior área radicular potencializa a absorção, juntamente com teor adequado de umidade no solo. O potássio também aumentou o teor do fósforo foliar, contrariamente ao preconizado por Prado (2008) que relata efeito antagônico entre estes nutrientes. Araújo et al. (2012) avaliando doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora não observaram efeito do aumento deste nutriente no teor de fósforo foliar. Nascimento et al. (2016) já observaram aumento no teor foliar de fósforo com aumento nas doses de potássio.

De acordo com Trani e Raij (1997) o teor foliar de potássio estava deficiente na primavera e adequado no verão (Figura 3.6), sendo a faixa de 25 g kg^{-1} a 40 g kg^{-1} considerada adequada. Como a difusão (70%) e o fluxo de massa (27%) perfazem 97% dos processos de absorção de potássio (PRADO, 2008) pelas plantas, as chuvas no verão facilitou a esses processos devido a maior umidade no solo em toda a área como também pode ter promovido maior estímulo ao crescimento radicular da cultura. O aumento nas doses de potássio elevou o teor do nutriente nas folhas (Figura 3.6B), pois a maior disponibilidade do nutriente via adubação com cloreto de potássio possibilita maior chance de absorção do nutriente. Como também observado por Araújo et al (2012) na cultura abóbora, enquanto Nascimento et al. (2016) com melanciaira cultivar Crimson Sweet não observaram efeito das doses de potássio na concentração do nutriente nas folhas.

O teor foliar de cálcio esteve em todas as situações na concentração adequada, na faixa de 25 g kg^{-1} a 40 g kg^{-1} (TRANI; RAIJ, 1997). Mas observou-se que o teor foliar de cálcio foi menor no verão em comparação à primavera e que houve redução com o aumento nas doses de potássio (Figura 3.7; Figura 3.8). O cálcio e o potássio competem pelo mesmo sítio de absorção, ou seja, possuem efeito antagônico (PRADO, 2008). Com isso, no verão a maior umidade do solo em toda a área ocasionada pelas maiores precipitações, como também a maior manutenção da umidade com o uso de cobertura morta e o aumento na aplicação de potássio contribuíram na redução de absorção de cálcio pelas plantas. O efeito antagônico do potássio sobre a absorção de cálcio também foi evidenciado na cultura da abóbora (ARAÚJO et al., 2012).

A concentração foliar de magnésio considerada também adequada, na faixa entre 2 g kg^{-1} e 12 g kg^{-1} (TRANI; RAIJ, 1997), foi reduzida apenas com aumento nas doses de potássio nas áreas com cobertura morta (Figura 3.9). Esse efeito se deve ao antagonismo entre magnésio e potássio (PRADO, 2008), como também observado por Kano, Cardoso e Bôas (2010) em alface, Araújo et al (2012) na cultura abóbora, e Nascimento et al. (2016) com melanciaira. A contribuição da matéria orgânica na manutenção da umidade do solo (CARVALHO et al., 2011; SILVA et al., 2015b) pode ter sido determinante na competição entre magnésio e potássio.

Os teores foliares de enxofre e cobre estiveram adequados, no intervalo de 2 g kg^{-1} a 3 g kg^{-1} e de 10 mg kg^{-1} a 15 mg kg^{-1} , respectivamente, e não foram afetados pelos fatores em estudo. Nascimento et al. (2016) já observaram que o aumento nas doses de potássio elevou o teor foliar de enxofre. Os micronutrientes, ferro (Figura 3.10; Figura 3.11; Figura 3.12) e manganês (Figura 3.16) estavam adequadamente supridos, entre 50 mg kg^{-1} e 300 mg kg^{-1} e entre 50 mg kg^{-1} e 200 mg kg^{-1} , respectivamente. O teor de ferro diminuiu pelo aumento da

salinidade da água de irrigação e pelas doses de potássio (Figura 3.10). Como o ferro é absorvido na forma de cátion (Fe^{3+}) pode ter ocorrido efeito antagônico com potássio da adubação e o sódio da água de irrigação que são absorvidos também na forma catiônica, K^+ e Na^+ , respectivamente (PRADO, 2008). Enquanto que o manganês, também absorvido como cátion Mn^{2+} , aumentou sua concentração com o aumento das doses de potássio e da salinidade da água de irrigação, podendo ter sido favorecido pelo aumento do teor de cloro (Cl^-) tanto da adubação com cloreto de potássio como do cloreto de sódio diluído na água de irrigação.

As concentrações dos micronutrientes boro (Figura 3.13) e zinco (Figura 3.15A) estavam em excesso, sendo a faixa adequada de 30 mg kg^{-1} a 80 mg kg^{-1} e 20 mg kg^{-1} a 60 mg kg^{-1} , respectivamente. Para o teor de sódio observou-se que água salina da irrigação e as maiores lâminas de irrigação, no caso da primavera onde as precipitações foram menores, foram determinantes na concentração deste elemento (Figura 3.17). Esse efeito relaciona-se consequentemente com o aumento do teor de sódio no solo, facilitando sua absorção.

A avaliação isolada das concentrações dos nutrientes não possibilita adequado diagnóstico nutricional; pois as interações entre nutrientes é complexa, sendo que os efeitos antagônicos e sinérgicos variam em razão da proporção deles, das espécies, dos cultivares e do estágio de desenvolvimento vegetal (PRADO, 2008). De acordo com o índice de balanço nutricional (IBN) a época de cultivo foi determinante na nutrição das melancieiras, estando as plantas na primavera mais desequilibradas que as do verão (Figura 3.18A). Na primavera, as concentrações de nutrientes mais limitante foram fósforo, pelo baixo teor, e o zinco, pelo excesso. No verão, o desequilíbrio esteve relacionado às maiores concentrações de potássio (Figura 3.18B), sendo que a umidade do solo pode ter sido determinante na dinâmica desses nutrientes no solo e na absorção pelas plantas.

3.5 CONCLUSÕES

O cultivo de verão proporcionou plantas de melancieiras nutricionalmente mais equilibradas do que a primavera;

A irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ aumentou o teor de nitrogênio, manganês e sódio foliar, e diminuiu o de ferro nas plantas de melancia;

O aumento das doses de potássio aumentou os teores foliares de fósforo, potássio, zinco, manganês e diminuiu os de nitrogênio, cálcio, magnésio e ferro;

A cobertura do solo com resíduo vegetal aumentou o teor foliar de magnésio e diminuiu o teor de boro nas folhas;

O uso de cobertura morta do solo não é adequado em áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ quando a necessidade de irrigação é elevada, como na primavera, quando favoreceu o teor de sódio nas folhas das plantas de melancia.

3.6 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Itália: FAO (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 56), 2006. 298p.
- ARAÚJO, H. S. et al. Doses de potássio em cobertura na cultura da abóbora. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 469–475, 2012.
- BRASIL. **I - Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Paraíba; II- Interpretação para uso Agrícola dos Solos da Paraíba**. Rio de Janeiro: Convênio MA/CONTAP/USAID/BRASIL (Boletim Técnico, nº 15), 1972. 683p.
- BRUULSEMA, T.; LEMUNYON, J.; HERTZ, B. Fundamentos para utilização correta do seu fertilizante. **Informações Agronômicas**, v. 126, p. 15–18, 2009.
- CAMPBELL, C. R. (Ed.). **Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the united states**. 4ª ed. Raleigh: SAAESD, 2013. 122p.
- CANTARUTTI, R. B. et al. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 769–850.
- CARMO, G. A. do et al. Teores foliares, acúmulo e partição de macronutrientes na cultura da abóbora irrigada com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 512–518, 2011.
- CARVALHO, J. F. de et al. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 256–263, 2011.
- CASARIN, V.; STIPP, S. R. Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **Informações Agronômicas**, v. 142, p. 14–20, 2013.
- CAVALCANTI, F. J. A. (Ed.). **Recomendações de Adubações para o Estado de Pernambuco**. 2ª aproxim ed. Recife: IPA, 2008. 212p.
- CHEW, V. Statistical hypothesis testing: an academic exercise in futility. **Proceedings of the Florida State**, v. 90, n. 1, p. 214–215, 1977.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2005. 176p.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama do Enquadramento dos Corpos d'Água do Brasil e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2007. 124p.
- DIAS, N. da S.; BLANCO, F. F. Efeitos dos sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. de S.; LACERDA, C. F. de (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 129–141.
- DONAGEMMA, G. K. et al. (Eds.). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral de Plantas: princípios e perspectivas**. 2ª ed. Londrina: Editora Planta, 2006. 403p.
- FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 28 jan. 2017.

- FERREIRA, V. M. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da melancia na microrregião de Teresina, PI, Brasil. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 488–494, 2015.
- HUSSON, F.; LÊ, S.; PAGÈS, J. **Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R**. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2010. 236p.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. 42° ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. 45p.
- IBGE. **Atlas Nacional Digital do Brasil**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional/>. Acesso em: 17 set. 2016.
- IDEME. **Anuário Estatístico - Paraíba 2016**. João Pessoa: Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual (IDEME), 2013. 3141p.
- KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; BÔAS, R. L. V. Influencia de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 287–291, 2010.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 550p.
- LUCENA, R. R. M. de et al. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em melancia “Quetzale” cultivada sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 1, p. 34–42, 2011.
- MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3^a ed. San Diego: Elsevier®, 2012. 651p.
- MINGOTI, S. A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297p.
- MIRANDA, F. R. de; MONTENEGRO, A. A. T.; OLIVEIRA, J. J. G. Produtividade da melancia irrigada por gotejamento em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 36, n. 2, p. 158–162, 2005.
- NASCIMENTO, J. A. M. do et al. Macronutrients in watermelon plants fertilized with potassium and cattle manure. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 9, p. 836–840, 2016.
- OLIVEIRA, F. de A. de et al. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 1, p. 37–45, 2011.
- OVALLES, F. A.; COLLINS, M. E. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 5, n. 8402, p. 1430–1435, 1988.
- PATEL, A. D. et al. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. **Anales de Biología**, v. 32, n. 1, p. 59–71, 2010.
- PEARSON, E. S.; HARTLEY, H. **Biometrika Tables for Statisticians**. Cambridge: Un. Press., 1956. 238p.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15^a ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.
- PRADO, R. DE M. **Nutrição de Plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008. 407p.

- PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, G. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 143–159.
- SANTOS, F. J. S. et al. **Manejo da irrigação da melancia: uso do Tanque Classe “A”**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical (Circular Técnica, 20), 2004. 12p.
- SANTOS, H. G. et al. (Eds.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- SARRUGE, J. R.; HAGG, H. P. **Análise Química de Plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1974. 530p.
- SAS. **Base SAS® 9.3 Procedures Guide: Statistical Procedures**. 2ª ed. Cary: SAS Institute Inc., 2012. 544p.
- SILVA, V. F. A. et al. Produção de melancia e teores de sólidos solúveis em resposta a adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 136–144, 2015a.
- SILVA, E. M. P. da et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da melancia em solo sob palhada e preparo convencional. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 154–164, 2015b.
- SILVA, V. P. R. da et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131–138, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- TEAM, R. C. **R: A language and environment for statistical computing** ViennaR Foundation for Statistical Computing, , 2016. Disponível em: <R-project.org>
- TRANI, P. A.; RAIJ, B. VAN (Eds.). Hortaliças. In: **Recomendação de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2ª ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1997. p. 157–185.
- UNIFERTIL. Dinâmica do nitrogênio no ambiente agrícola. **Universal de Fertilizantes**, n. 3, p. 1–6, 2015.
- VIDIGAL, S. M. et al. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, v. 56, n. 1, p. 112–118, 2009.
- WADT, P. G. S. et al. Modelagem de funções no cálculo dos índices DRIS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 1, p. 57–64, 2007.

CAPÍTULO IV

**Componentes de produção e qualidade de melancia sob os manejos da salinidade
hídrica, cobertura e adubação potássica**

RESUMO

O excesso de sais na água, situação rotineiramente diagnosticada na região Nordeste do Brasil, vem inviabilizando o desenvolvimento da agricultura irrigada. Mas a adequação na época de cultivo associado a práticas culturais contribuem para mitigar os efeitos da salinidade dos solos e da água. Dessa forma, objetivou-se avaliar a produção e a qualidade de frutos de melancia cv. Crimson Sweet sob os manejos da irrigação com água salina, cobertura do solo do solo e doses de potássio nos cultivos de primavera e verão. Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, sendo a parcela principal constituída pela condutividade elétrica da água de irrigação ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$ e $3,0 \text{ dS m}^{-1}$), e as subparcelas das combinações entre níveis de cobertura do solo (sem e com) e doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de K_2O), obedecendo o respectivo esquema $2 \times 2 \times 4$. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados. Ao final dos cultivo foram mensuradas componentes de produção (estande final, número de frutos por planta, massa média dos frutos, produção por plantas e produtividade) e aspectos físico-químicos dos frutos (diâmetros longitudinal e transversal, potencial hidrogeniônico, sólidos solúveis, acidez titulável e relação SS/AT na polpa). Os dados foram submetidos as análises de variância (ANOVA), correlação de Pearson (ρ) e componentes principais (ACP). Também foi elaborado Heatmap com intuito de sintetizar as informações. No verão a melancieira foi mais produtiva que na primavera, com maior número de frutos e produção por planta, e maior produtividade. Na colheita da primavera o sabor doce dos frutos foi maior que os frutos do verão. A irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica deve ser utilizada com moderação na cultura da melancieira, visto que não comprometeu a produtividade mas reduziu o tamanho e a doçura (aumento da acidez titulável e redução da relação entre sólidos solúveis e acidez titulável) dos frutos. A aplicação de cloreto de potássio não é recomendada em solo com teor médio de potássio, pois reduziu o número de frutos por planta, a produtividade e o sabor doce dos frutos de melancia. O uso de cobertura morta é indicado no cultivo de melancieira, uma vez que aumentou o número de frutos e a produção por planta sem alterar a qualidade físico-química dos frutos.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus*; Crimson Sweet; Época de cultivo; Adubação potássica.

ABSTRACT

The excess of salts in the water, a situation routinely diagnosed in the northeastern region of Brazil, has prevented the development of irrigated agriculture. However, the adaptation in the growing season associated with cultural practices contribute to mitigate the effects of soil salinity and water. The objective of this study was to evaluate the production and quality of watermelon fruits cv. Crimson Sweet under irrigation management with saline water, soil cover and potassium doses in spring and summer crops. The treatments were organized in split-plot, with the main plot consisting of the electrical conductivity of irrigation water (0.3 dS m^{-1} and 3.0 dS m^{-1}), and the subplots of the combinations of levels of soil cover (without and with) and doses of potassium (0, 40, 80 and 120 kg ha^{-1} of K_2O), obeying the respective $2 \times 2 \times 4$ scheme. A randomized complete block design was used. At the end of the crop were measured production of components (final stand, number of fruits per plant, average fruit mass, yield per plant and productivity) and physicochemical aspects of fruit (longitudinal and transverse diameters, hydrogen ionic potential, soluble solids, titratable acidity and SS/TA ratio in the pulp). The data were submitted to analysis of variance (ANOVA), Pearson correlation (ρ) and main components (PCA). It was also prepared Heatmap aiming to synthesize the information. In summer the watermelon was more productive than in the spring, with the largest number of fruits and yield per plant, and increased productivity. In the spring harvest the sweet taste of the fruits was greater than the fruits of the summer. Irrigation with water of 3.0 dS m^{-1} electrical conductivity should be used sparingly in the culture watermelon, since did not affect the productivity but decreased the size and sweetness (increased acidity and reduced ratio of soluble solids and titratable acidity) of the fruit. The application of potassium chloride is not recommended in soil with average potassium content, because it reduced the number of fruits per plant, productivity and sweet taste of watermelon fruits. The use of mulch is indicated for the cultivation of melancholia, since it increased the number of fruits and the yield per plant without altering the physical-chemical quality of the fruits.

Key words: *Citrullus lanatus*; Crimson Sweet; Growing season; Potassium fertilization.

4.1 INTRODUÇÃO

A melancia, *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum & Nakai, é uma espécie olerícola da família cucurbitácea originária de regiões quentes da África mas, atualmente é considerada cosmopolita (FILGUEIRA, 2012). Essa cultura possui relevante importância socioeconômica a medida que gera empregos nos diversos setores produtivos, além de representar importante segmento no agronegócio brasileiro (VILELA; COSTA; LIMA, 2014). Segundo estes autores o aumento no consumo de melancia, particularmente no Brasil como complemento das refeições, vem contribuindo para expansão da cultura. A produção brasileira de melancia passou de 1.637.428 toneladas, em 2005, para 2.119.559, em 2015, representando aumento de 29% (IBGE, 2015).

No Brasil, o cultivo da melancia, segundo Vilela, Costa e Lima (2014), ainda é considerada uma atividade de risco, com produtividade média abaixo da mundial, relacionada a carência de tecnologia. Em 2014 a produtividade média mundial de melancia foi de 31,9 t ha⁻¹ enquanto que no Brasil se obteve apenas 23 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2014). Mesmo com rendimento abaixo da média mundial a cultura no Brasil pode ser considerada rentável. Sandri, Pereira e Vargas (2014) avaliando o custo de produção de melancia cv. Crimson Sweet, na região de Anápolis-GO, observaram que o ponto de nivelamento situa-se entre 11,2 a 14,6 t ha⁻¹ mas obtiveram produtividades variando de 28 a 55,8 t ha⁻¹. Justificando o uso de tecnologias apropriadas para melhorar o rendimento da cultura que pode superar este patamar; como encontrado no município de Belém produtividade de 87,9 t ha⁻¹ com a cultivar Crimson Sweet (SILVA et al., 2015a).

A elevada variabilidade espaço-temporal das chuvas no Nordeste Brasileiro (SILVA et al., 2011) é fator limitante, principalmente, à agricultura de sequeiro. Porém, esta limitação pode facilitar o planejamento de uma agricultura irrigada desde que haja água de qualidade e em quantidade suficiente. Na região semiárido do Nordeste brasileiro as principais fontes de água, para os múltiplos usos, são os açudes e os aquíferos (CONEJO, 2005, 2007), sendo que este último geralmente apresenta restrição ocasionado pelo excesso de sais solúveis. Porém, a captação de água de aquíferos através de poços muitas vezes é a única opção, além também de ocorrerem problemas de excesso de sais em muitos reservatórios de superfície na região.

A consequência direta do excesso de sais dissolvidos na água para a irrigação é o aumento na concentração de sais no solo. O aumento da salinidade do solo prejudica diretamente a disponibilidade de água às plantas (AYERS; WESTCOT, 1999) por causa do

poder higroscópico exercido pelos sais. O excesso de sais também pode exercer efeitos tóxicos, devido a contínua absorção e acúmulo desses íons nas plantas, nutricionais, pelo desequilíbrio dos nutrientes no solo e na planta (MARSCHNER, 2012; PATEL et al., 2010) e hormonais (PRISCO; GOMES FILHO, 2010; TAIZ; ZEIGER, 2013). No geral a cultura da melancia é considerada moderadamente sensível ao excesso de sais (AYERS; WESTCOT, 1999), variando em função do cultivar (COSTA et al., 2013; ZONG et al., 2011) e das condições de cultivo. Práticas culturais e o uso de cultivares menos sensíveis a salinidade também possibilitam o aproveitamento de água de menor qualidade, sem perdas significativas de rendimento e qualidade.

O uso de cobertura do solo aumenta a eficiência no uso da água (CARVALHO et al., 2011) e reduz a demanda hídrica (SILVA et al., 2015b). Pode aumentar a produtividade das culturas, não só apenas pelos fatores supracitados, mas também sendo mais uma fonte de nutrientes (AMARAL et al., 2016) quando se utiliza material vegetal. Com a cultivar de melancia Pérola, em Belém-PA, Lima Júnior e Lopes (2009) encontraram maior número de frutos por planta com o uso de cobertura do solo. Dantas et al. (2013) também obtiveram maior massa média de frutos e produtividade de melancia cv. Quetzale ao utilizarem cobertura do solo (mulching).

A manutenção da fertilidade do solo através do planejamento de programas de adubação, ponderando os fatores fonte, dose, época e localização de aplicação de adubos, também pode contribuir no rendimento das culturas (BRUULSEMA; LEMUNYON; HERTZ, 2009; CASARIN; STIPP, 2013). Sendo essencial conhecer as necessidades minerais da cultura. Quantitativamente o elemento mineral mais extraído do solo pela cultura da melancia cv. Crimson Sweet é o potássio, sendo o terceiro macronutriente mais exportado (VIDIGAL et al., 2009). Segundo estes autores em uma população com 5.000 plantas por hectare pode exportar 68,4 kg ha⁻¹ de potássio. Necessitando, em muitos casos, a reposição deste mineral ao solo. Lembrando que a resposta ao fornecimento de potássio está também relacionada ao teor inicial deste elemento no solo (MONÇÃO et al., 2012; SILVA et al., 2015a) e a fonte utilizada (CECÍLIO FILHO; GRANGEIRO, 2004).

Diante do exposto, objetivou-se com a presente pesquisa avaliar a produção e a qualidade de frutos de melancia cv. Crimson Sweet sob os manejos da irrigação com água salina, cobertura do solo e doses de potássio nos cultivos de primavera e verão.

4.2 MATERIAL DE MÉTODOS

O trabalho constou de dois experimentos, o primeiro na primavera de 2015 e o segundo no verão de 2016, adotando-se os mesmos procedimentos experimentais para as pesquisas.

4.2.1 Caracterização do Local da Pesquisa

O experimento foi desenvolvido no sítio Macaquinhos, situado no município de Remígio, Paraíba, Brasil (Figura 1.1). O município localiza-se entre as coordenadas de 6° 51' 26" a 7° 1' 21" de latitude Sul, 35° 46' 20" a 35° 57' 01" de longitude a oeste de Greenwich (IBGE, 2016) e 562 m de altitude; microrregião do Curimataú e mesorregião do Agreste Paraibano (IDEME, 2013).

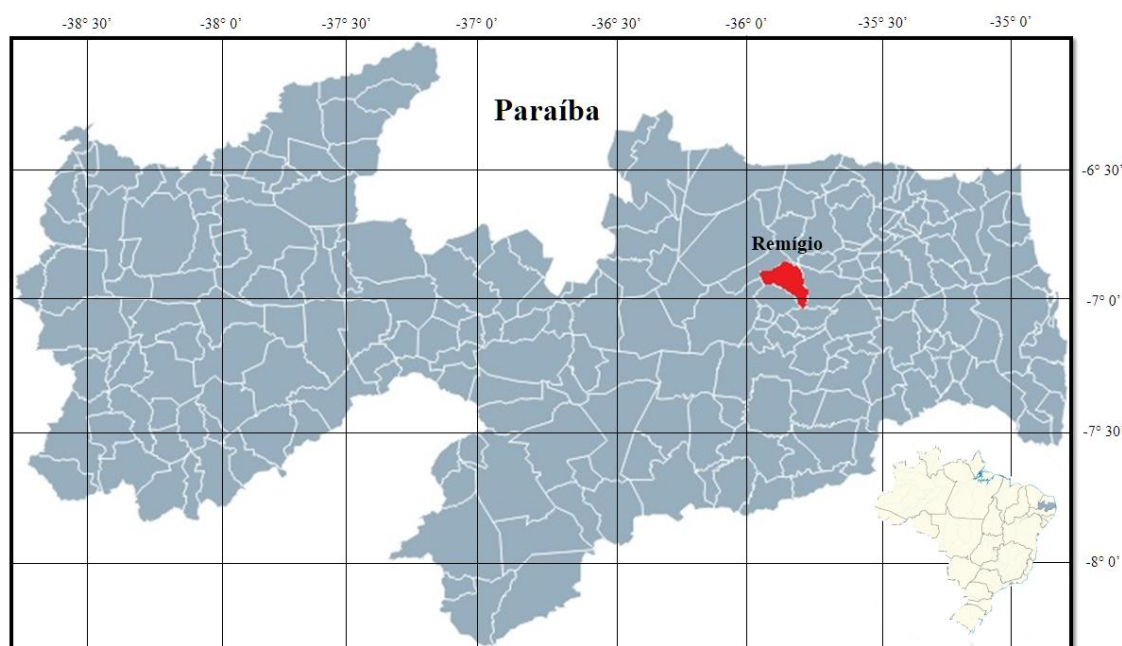


Figura 4.1 Localização geográfica do município de Remígio, Paraíba, Brasil.

A zona climática do município é do tipo As' segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima tropical com chuvas de outono à inverno (BRASIL, 1972; IDEME, 2013). A época chuvosa se inicia no mês de fevereiro ou março e termina entre julho e agosto, com maior intensidade pluviométrica em junho ou julho. O período de seca começa em setembro e se prolonga até fevereiro, sendo mais acentuado na estação da primavera. A precipitação

pluviométrica média anual é de 700 mm, com umidade relativa média do ar de 80% e temperatura do ar entre 22°C e 26°C.

4.2.2 Tratamentos e Delineamento

Os tratamentos foram organizados em parcela subdividida, no esquema 2 x 2 x 4, correspondente à condutividade elétrica da água de irrigação (0,3 e 3,0 dS m⁻¹), aos níveis de cobertura morta sobre o solo (sem e com) e às doses de potássio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O), respectivamente. A condutividade elétrica da água de irrigação foi a parcela principal e a combinação entre níveis de cobertura morta e doses de potássio a subparcela. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados. A unidade experimental, subparcela, foi constituída por uma linha de cultivo contendo sete plantas distanciadas entre si em 1 metro, na densidade de 5.000 plantas por hectare.

4.2.3 Atributos Químicos e Físicos do Solo

O solo da área experimental foi caracterizado como Neossolo Regolítico eutrófico (BRASIL, 1972; SANTOS et al., 2013) de textura areia franca. Nessa área, foram retiradas aleatoriamente amostras simples do solo na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras foram destorroadas, homogeneizadas, secas ao ar e à sombra e encaminhadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Rural, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, para caracterização dos atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos. As metodologias utilizadas nas análises foram as compiladas por Donagema et al. (2011) e, os resultados podem ser observados na Tabela 1.1.

Tabela 4.1 Atributos químicos (fertilidade e salinidade) e físicos do Neossolo Regolítico eutrófico, antes dos cultivos de melancia cv. Crimson Sweet, no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba

Fertilidade ¹												
pH	P	K	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	CTC	V	PST	MO
	----- mg dm ⁻³ -----									----- % -----		g kg ⁻¹
6,44	129,11	71,46	0,29	2,20	1,75	0,0	0,33	4,42	4,75	93,05	6,11	10,92
Salinidade ²												
pH	CEes	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ²⁻	Cl ⁻	PS	RAS	Classificação
	dS m ⁻¹									%		não salino
7,04	0,807	0,77	2,02	5,00	4,38	1,39	0,0	8,25	5,0	16,60	0,93	
Física ³												
Areia	Silte	Argila	Ad	Gf	Ds	Dp	PT	Umidade		Água disponível		
								0,01 MPa	1,5 MPa			
	----- g kg ⁻¹ -----				----- g cm ⁻³ -----		m ³ m ⁻³			----- g kg ⁻¹ -----		
858	83	59	0	1000	1,53	2,57	0,40	77,48	27,66			49,82

¹pH (potencial hidrogeniônico) em água; P (fósforo), K⁺ (potássio) e Na²⁺ (sódio) com extrator Mehlich 1; Ca²⁺ (cálcio), Mg²⁺ (magnésio) e Al³⁺ (alumínio) com extrator KCl 1 M; H⁺ + Al³⁺ (hidrogênio mais alumínio) com extrator acetato de cálcio 0,5 M a pH 7,0; SB (soma de bases) = K⁺ + Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺; CTC (capacidade de troca de cátions) = SB + H⁺ + Al³⁺; V (saturação por bases) = (SB/CTC) x 100; PST (percentagem de sódio trocável) = (Na⁺/CTC) x 100; MO (matéria orgânica) = carbono orgânico x 1,724, método Walkley-Black;

²CEes (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo); SO₄²⁻ (sulfato); CO₃²⁻ (carbonato); HCO₃²⁻ (bicarbonato); Cl⁻ (cloreto); PS (percentagem de sódio solúvel) = 100 x Na⁺ / (K⁺ + Na⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺); RAS (razão de adsorção de sódio) = Na⁺ / [0,5(Ca²⁺+Mg²⁺)]^{0,5};

³Granulometria pelo método do densímetro, dispersante NaOH 1 M; Ad (argila dispersa em água); Gf (grau de floculação) = ((argila total - Ad)/argila total) x 100; Ds (densidade do solo); Dp (densidade de partícula); PT (porosidade total) = (Dp - Ds)/Dp.

4.2.4 Condições Meteorológicas

As condições meteorológicas no sítio Macaquinhos, durante os cultivos com plantas de melancia cv. Crimson Sweet, consistiram no monitoramento diário da temperatura e umidade relativa do ar, da precipitação pluviométrica e da evapotranspiração de referência (ET_o) como podem ser observados na Figura 1.2. A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas a cada hora por Datalogger modelo HT-70 da Instrutherm®. A média diária da temperatura do ar foi calculada pela média das temperaturas extremas (ALLEN et al., 2006) e a umidade relativa média do ar através da média das leituras diária. A precipitação pluviométrica foi quantificada por pluviômetro e a evapotranspiração de referência através da evaporação do tanque Classe “A” multiplicado pelo coeficiente do tanque (ALLEN et al., 2006), adotando-se o coeficiente de 0,80 durante o experimento.

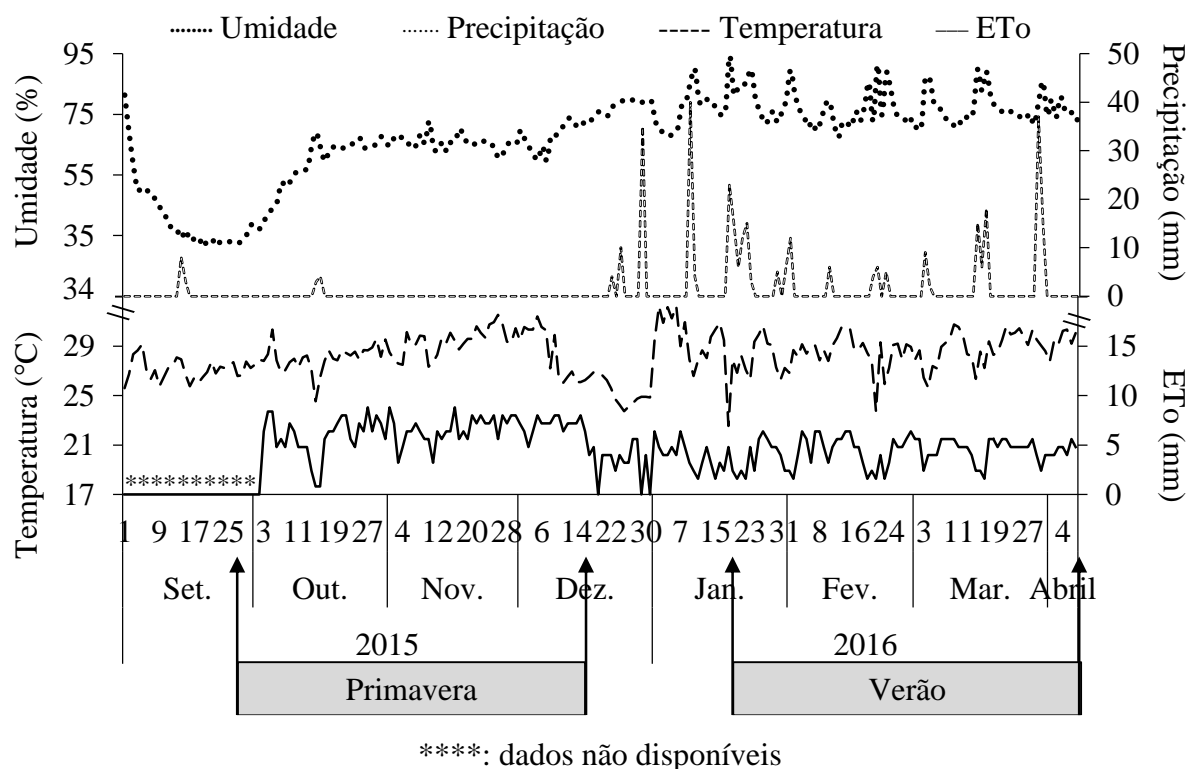


Figura 4.2 Valores médios diários de temperatura e umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração de referência (ET_o) no sítio Macaquinhos, município de Remígio, Paraíba, Brasil.

No cultivo da primavera, 29/09/2015 a 18/12/2015, a temperatura média diária do ar mínima foi de 24,6°C, a máxima de 31,6°C, com média para o período de 28,6°C (Figura 1.2). A umidade média relativa do ar variou de 35,2% a 73,7%, com média de 62,3%. A precipitação pluviométrica acumulada foi de 7 mm, distribuída em dois dias. A evapotranspiração de referência diária mínima foi de 0,8 mm, com máxima de 8,8 mm e média de 6,1 mm. No cultivo de verão, 18/01/2016 a 7/04/2016, a temperatura média diária do ar mínima foi de 22,6°C, a máxima de 32,3°C, com média para o período de 28,0°C. A umidade média relativa do ar variou de 67,4% a 94,2%, com média de 77,4%. A precipitação pluviométrica acumulada foi de 222 mm, distribuída em 20 dias. A evapotranspiração de referência diária mínima foi de 1,6 mm, com máxima de 6,4 mm e média de 4,4 mm.

4.2.5 Instalação e Manejo da Cultura

4.2.5.1 Preparo da área

O preparo do solo consistiu na limpeza da área, através de capina com auxílio de enxada manual, e abertura das covas de plantio nas distâncias de 2 m entre linhas e 1 m entre covas nas linhas. As covas foram abertas com dimensões de 30 cm x 30 cm x 30 cm. Na camada superficial do solo retirado da cova, profundidade de 0-15 cm do perfil, foi incorporada a adubação de fundação com essa mistura retornado ao fundo da cova.

4.2.5.2 Semeadura e condução

As semeaduras foram realizadas em 29 de setembro de 2015, cultivo de primavera, e no dia 18 de janeiro de 2016, cultivo de verão, colocando três sementes por cova. Os cultivos foram realizados na mesma área, sendo que as linhas no cultivo de verão foram dispostas onde seriam as entrelinhas do cultivo de primavera. Após a emergência das plântulas, quando possuíam dois pares de folhas, realizou-se desbaste permanecendo apenas a mais vigorosa. A distribuição da cobertura morta, proveniente da limpeza da área, foi realizada em faixa de aproximadamente 50 cm de largura na linha de cultivo das subparcelas que receberam a prática do uso de cobertura morta sobre o solo.

4.2.5.3 Manejo da adubação

A adubação foi baseado na análise do solo (Tabela 1.1), tendo-se como referências as recomendações de Cavalcanti (2008). Foram aplicados $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de esterco curtido de gado bovino, 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 , 120 kg ha^{-1} de N e, conforme os tratamentos avaliados, 0, 40, 80 e 120 kg ha^{-1} de K_2O . No preparo das covas, adubação de fundação, aplicou-se o esterco bovino, todo o fósforo na forma superfosfato simples (18% de P_2O_5 , 18% de Ca e 8% de S), 25% do nitrogênio como ureia (45% de N) e, um terço do potássio como cloreto de potássio (60% de K_2O). No preparo das covas na primavera também foi aplicado 10 kg ha^{-1} de sulfato de zinco (20% de Zn e 9% de S). O restante de nitrogênio e potássio foram aplicados em cobertura, com metade aos 35 dias após a semeadura e a outra metade aos 55 dias. Na última adubação de cobertura, como fonte de nitrogênio, se aplicou nitrato de cálcio (15% de N e 19% de Ca) com o objetivo de aumentar a disponibilidade de cálcio às plantas.

4.2.5.4 Manejo fitossanitário

As plantas daninhas foram controladas através de três capina com enxada manual. O controle preventivo de ácaros e fungos foi realizado com pulverizações de Cuprozeb® (44% de mancozeb e 30% de oxicloreto de cobre) na concentração de 200 mg L⁻¹ de água.

4.2.5.5 Irrigação

A água para a irrigação foi bombeada de reservatório de superfície para caixas d'água, capacidade para 3 m³, localizadas na cota mais alta da propriedade. As caixas ficavam a uma distância horizontal de 65 m do início da área de cultivo, com diferença de altura monométrica de 3 mca para o início da área. Parte da área foi irrigada com água do açude (0,3 dS m⁻¹) e a outra parte foi irrigada com água salinizada (3,0 dS m⁻¹), obtida através da dissolução de sal moído da VitaSal® (59,4% de Cl, 38,5% de Na, 1,0% de SO₄⁻, 0,28% de Ca, 0,20% de Mg e, 0,1% de iodato de potássio) na água proveniente do reservatório de superfície. O preparo da água salina era realizado com no mínimo 24 h de antecedência da irrigação, aferindo com condutivímetro digital portátil modelo CD-850 da Instrutherm®.

A irrigação foi pelo método localizado com fita gotejadora modelo Silver Drip da Golden Tree®, com emissores espaçados em 10 cm e vazão de 0,5 L h⁻¹. A frequência de irrigação foi diária, com a lâmina baseada nos coeficientes de cultivo (kc) das diferentes fases da cultura (FERREIRA et al., 2015; SANTOS et al., 2004), na evapotranspiração de referência (Figura 1.2), na faixa de molhamento de 0,5 m e na eficiência do sistema de 94%.

4.2.6 Variáveis Analisadas

Os componentes de produção consistiram nas seguintes determinações: estande final (EF), quantificando o número de plantas no período da colheita; número de frutos (NF) por planta, pela relação entre os frutos colhidos e o número de plantas na parcela; massa média (MM) do frutos, com a relação entre a produção total em quilogramas de fruto e o número de frutos na parcela; produção por plantas (PP), através do produto entre o número de frutos por planta e a massa média do fruto; produtividade (PROD), multiplicando-se a produção por planta e o estande final e; diâmetro longitudinal (DL), distância entre a inserção do pecíolo e o lado oposto, e diâmetro transversal (DT), na região equatorial, dos frutos aferidos com régua graduada em milímetros.

As análises físico-químicas dos frutos foram realizadas no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, com base nas metodologias compiladas por Zenebon, Pascuet e Tiglea (2008). Para essas análises retirou-se a polpa dos frutos com uma colher, sendo posteriormente homogeneizada em liquidificador industrial. O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado em potenciômetro de bancada após 20 minutos de descanso da diluição de 10 g de polpa em 100 ml de água destilada. Após essa análise, adicionou-se nas amostras fenolftaleína para titulação com NaOH 0,1 M e determinação da acidez titulável (AT). Os sólidos solúveis (SS) foram determinados em refratômetro de bancada. Também calculou-se a relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável (SS/AT), que expressa indiretamente a doçura e a acidez do fruto.

4.2.7 Análises Estatísticas

Os resultados de cada época de cultivo foram inicialmente submetidos à análise de variância e, em seguida, avaliados quanto à homogeneidade dos erros (PEARSON; HARTLEY, 1956; PIMENTEL-GOMES, 2009). Quando estabelecida a homogeneidade entre as variâncias residuais das épocas de cultivo, adotando-se o teste Fmax ($p \leq 0,05$) de Hartley, a análise da variável foi realizada de forma conjunta.

Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando o teste F ($p \leq 0,05$), para se verificar os efeitos dos fatores isoladamente e suas interações. No desdobramento das interações dos fatores qualitativos também se utilizou do teste F para comparação de médias, admitindo-se erro de até 5% de probabilidade. Os efeitos quantitativos das doses de potássio foram testados por meio de regressão linear, com o teste F ($p \leq 0,10$) para se verificar o ajuste aos modelos. A regressão foi realizada independentemente dos efeitos dos demais fatores, sendo avaliada no desdobramento dos fatores qualitativos quando esses foram significativos (CHEW, 1977).

As variáveis também foram submetidas a análise de correlação de Pearson, com a significância avaliada pelo teste t. Para sintetizar as informações foi realizada análise de componente principal (ACP) e de agrupamento com base nos escores dos tratamentos (HUSSON; LÊ; PAGÈS, 2010; MINGOTI, 2005). O critério utilizado para classificar a variável nos componentes foi baseada na relação $0,5(\lambda^{-0,5})$, sendo λ o autovalor do componente (OVALLES; COLLINS, 1988). Para facilitar a visualização da importância dos tratamentos

sobre as variáveis foi construído Heatmap. Sendo que para plotar as médias das variáveis, os seus valores foram normalizados no intervalo de 0 (menor valor) a 1 (maior valor), aplicando a seguinte equação:

$$z_i = \frac{x_i - \min(x)}{\max(x) - \min(x)}$$

As análises dos dados foram realizadas utilizando os softwares SAS/STAT® versão 9.3. (SAS, 2012) e R-Studio versão 3.3.1 (TEAM, 2016).

4.3 RESULTADOS

4.3.1 Componentes de Produção

As análises de variância para os componentes de produção, com exceção do estande final, foram realizadas de forma conjunta em relação as épocas de cultivo, pois, de acordo com o teste F de Hartley ($p \leq 0,05$), as variâncias residuais comportaram-se de forma homogênea (Tabela 4.2).

Analizando isoladamente os fatores não se observou efeito da condutividade elétrica da água de irrigação; a época de cultivo influenciou o número de frutos, a massa média de frutos, a produção por planta e a produtividade; as doses de potássio interferiram no estande final, no número de frutos por planta e na massa média de frutos; e a cobertura morta alterou o número de frutos e a produção por planta (Tabela 4.2). Os fatores em estudo também interagiram como observados nas interações entre condutividade elétrica da água de irrigação e época de cultivo sobre a massa média de frutos e a produção por planta; entre doses de potássio e condutividade elétrica da água de irrigação no estande final; entre cobertura morta e época de cultivo no número de frutos por planta e; entre cobertura morta, doses de potássio e época de cultivo sobre a produtividade (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 Testes de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis estande final (EF), número de frutos por planta (NF), massa média de frutos (MM), produção por planta (PP) e produtividade (PROD) de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)

Teste de homogeneidade ¹		EF ²	EF ³	NF	MM	PP	PROD
		$F_{\text{Hartley}} = \sigma^2_{\text{maior}}/3\sigma^2_{\text{menor}}$					
		----- 5,27** -----		0,92 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,75 ^{ns}
Fontes de Variações	gl	Quadrado Médio					
Bloco/EC	5	520833*	414541 ^{ns}	0,0614 ^{ns}	13,1327**	5,7718 ^{ns}	153,33 ^{ns}
Água (CEai)	1	127551 ^{ns}	95663 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	5,3033 ^{ns}	2,1641 ^{ns}	369,19 ^{ns}
Época de cultivo (EC)	1	-	-	4,5373**	15,3220*	262,824**	3292,19**
CEai x EC	1	-	-	0,0269 ^{ns}	12,5316*	15,6655*	123,15 ^{ns}
Resíduo (a)	5	21259	2582908	0,0588	1,1634	1,9591	129,52
Cobertura Morta (CM)	1	31888 ^{ns}	265731 ^{ns}	0,7241**	0,0002 ^{ns}	33,7629**	83,64 ^{ns}
Potássio (K)	3	95663 ^{ns}	1201105**	0,2443**	3,8142*	0,5227 ^{ns}	123,71 ^{ns}
CEai x CM	1	0,0000 ^{ns}	95663 ^{ns}	0,0612 ^{ns}	0,1370 ^{ns}	2,0887 ^{ns}	41,53 ^{ns}
CEai x K	3	403912 ^{ns}	1257795**	0,0271 ^{ns}	0,3385 ^{ns}	0,3742 ^{ns}	72,92 ^{ns}
CM x K	3	223214 ^{ns}	67319 ^{ns}	0,0345 ^{ns}	0,0608 ^{ns}	2,4824 ^{ns}	67,29 ^{ns}
CM x EC	1	-	-	0,2669*	0,6142 ^{ns}	5,6941 ^{ns}	48,48 ^{ns}
K x EC	3	-	-	0,0828 ^{ns}	0,7691 ^{ns}	2,8756 ^{ns}	145,48 ^{ns}
CEai x CM x K	3	63773 ^{ns}	294076 ^{ns}	0,0439 ^{ns}	0,2448 ^{ns}	1,9446 ^{ns}	31,27 ^{ns}
CEai x CM x EC	1	-	-	0,0237 ^{ns}	0,1238 ^{ns}	2,6072 ^{ns}	45,03 ^{ns}
CEai x K x EC	3	-	-	0,0030 ^{ns}	0,3667 ^{ns}	0,3115 ^{ns}	21,84 ^{ns}
CM x K x EC	3	-	-	0,0598 ^{ns}	0,3009 ^{ns}	2,7370 ^{ns}	166,37*
CEai x CM x K x EC	3	-	-	0,0290 ^{ns}	0,1042 ^{ns}	0,9557 ^{ns}	68,47 ^{ns}
Resíduo (b)	70	155643	211067	0,0503	1,1115	3,2091	55,58
CV(a) (%)		3,01	37,12	21,66	17,09	19,99	34,91
CV(b) (%)		8,14	10,61	20,02	16,71	25,59	22,87

¹Modificada por Pimentel-Gomes (2012), com os valores críticos elaborada por Pearson e Hartley (1956);

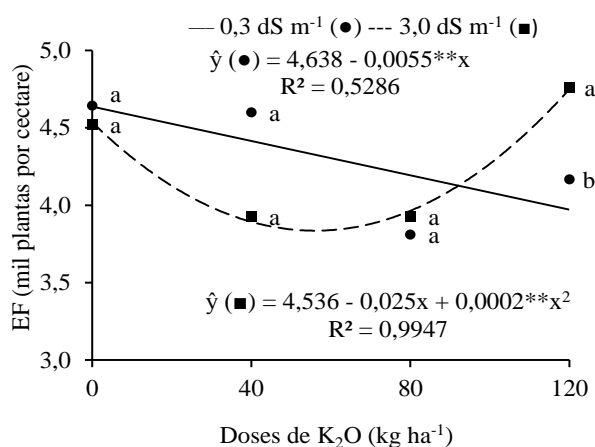
²Dados coletados no ciclo realizado na primavera, com graus de liberdade de Bloco, Resíduo (a) e Resíduo (b) de 3, 3 e 42, respectivamente;

³Dados coletados no ciclo realizado no verão, com graus de liberdade de Bloco, Resíduo (a) e Resíduo (b) de 2, 2 e 28, respectivamente;

^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

4.3.1.1 Estande final

O estande final, na primavera, não foi afetado pelos fatores em estudo (Tabela 4.2). No verão, observou-se efeitos das doses de potássio e da interação desse fator com a condutividade elétrica da água de irrigação. Os estandes ao final das épocas de cultivo foram de 4.844, na primavera, e de 4.330, no verão, plantas por hectare, representando as respectivas reduções de 3% e 13% da densidade inicial de 5.000 plantas por hectare. No verão obteve-se diferença para o estande final, em relação a condutividade elétrica da água de irrigação, apenas sob a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O quando o uso da água de 0,3 dS m⁻¹ proporcionou redução de 10% na comparação com a água de 3,0 dS m⁻¹ (Figura 4.3). Quanto as doses de potássio, nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, observou-se redução de 1% no estande final a cada aumento de 10 kg ha⁻¹ de K₂O. Nas áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ o aumento nas doses de potássio também reduziu o estande final, sendo a maior redução de 17% obtido sob a dose de 63 kg ha⁻¹ de K₂O, mas o aumento na aplicação de potássio além dessa dose contribuiu para obtenção de maiores estandes finais.



Médias seguidas pela mesma letra, para cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

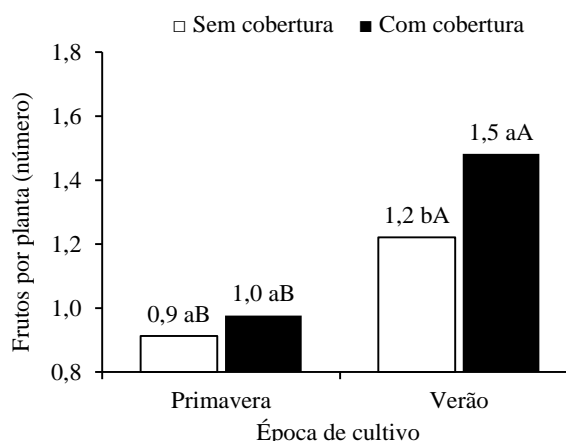
**: significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4.3 Estande final (EF) de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio no verão.

4.3.1.2 Número de frutos por planta

O número de frutos por planta foi afetado pelas doses de potássio, época de cultivo, e pela prática da cobertura morta, isoladamente, e pela interação entre esses dois últimos fatores (Tabela 4.2). Na primavera não se observou diferença entre a ausência ou presença da cobertura

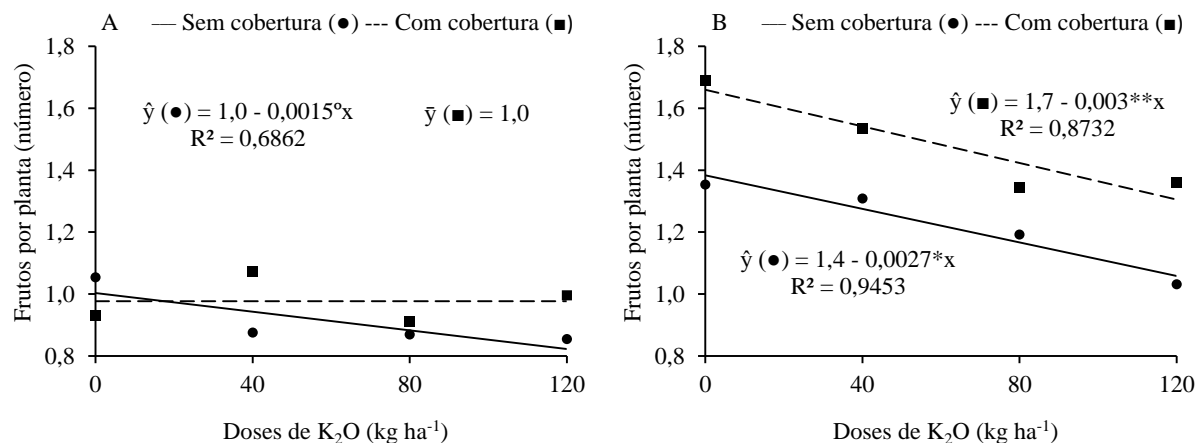
morta, obtendo-se em média um fruto por planta (Figura 4.4). Para o verão obteve-se, em média, 1,2 frutos por planta sem o uso da cobertura morta e 1,5 frutos por planta com cobertura morta, ganho médio de 25% com uso dessa prática cultural. Também pôde-se observar que a produção de frutos no verão foi maior que na primavera. As plantas nas áreas sem cobertura morta produziram, em média, 0,9 frutos na primavera e 1,2 frutos no verão, acréscimo de 0,3 frutos por planta (33%). Quando se utilizou cobertura morta o número médio frutos por planta foi de 1,0, na primavera, e de 1,5, no verão, com ganho médio de 0,50 frutos por planta (50%).



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de cobertura e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 4.4 Número média de frutos em plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta do solo, em cultivos de primavera e verão.

Os efeitos das doses de potássio, no desdobramento da interação entre a prática de cobertura morta e a época de cultivo, sobre o número de frutos por planta podem ser observados na Figura 4.5. Na primavera, para as áreas sem cobertura morta, a adubação potássica reduziu o número de frutos por planta em 1% a cada aplicação de 10 kg ha^{-1} de K_2O (Figura 4.5A). Nas áreas com o uso de cobertura morta não se observou efeito das doses de potássio. No verão, independentemente da cobertura morta, a cada aplicação de 10 kg ha^{-1} de K_2O o número médio de frutos por planta reduziu em 2% (Figura 4.5B).

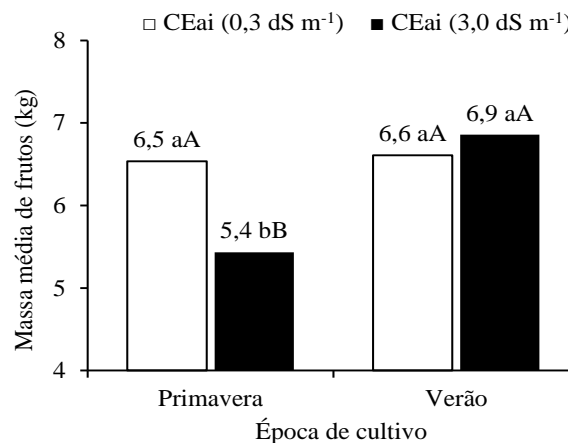


°, * e **: significativo a 10%, 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 4.5 Número médio de frutos em plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), nas áreas sem (●) e com (■) cobertura morta, em função de doses de potássio.

4.3.1.3 Massa média de frutos

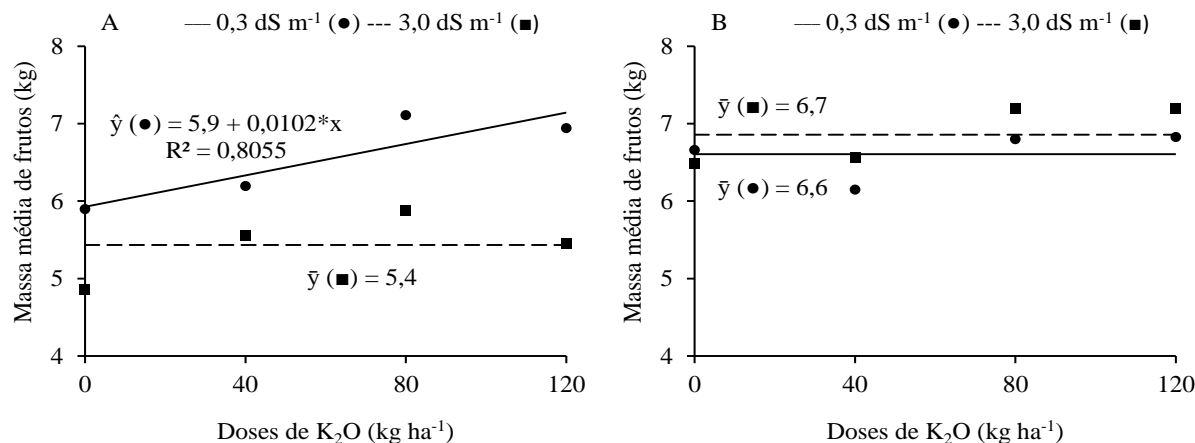
A massa dos frutos foi afetada isoladamente pela época de cultivo e doses de potássio, como também pela interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e época de cultivo (Tabela 4.2). Na primavera as massas médias dos frutos foram de 6,5 kg, nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, e de 5,4 kg, sob a irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹, representando redução de 1,1 kg, ou 17%, ocasionada pelo uso da água de maior salinidade (Figura 4.6). No verão não se observou diferença entre as águas de irrigação sobre a massa média dos frutos, com média de 6,8 kg. Nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ não se observou diferença entre as épocas de cultivo, com massa média dos frutos de 6,6 kg. Com a irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹ obteve-se acréscimo de 1,5 kg (28%) na massa média do fruto da primavera para o verão, representando um respectivo aumento de 5,4 kg para 6,9 kg.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 4.6 Massa média de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em cultivos de primavera e verão.

As análises em função das doses de potássio, no desdobramento da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e época de cultivo, sobre a massa média dos frutos podem ser observadas na Figura 4.7. Na primavera, sob a irrigação com água de 0,3 dS m⁻¹, o aumento nas doses de potássio proporcionou acréscimo na taxa de 102 g na massa dos frutos para cada 10 kg ha⁻¹ de K₂O aplicado (Figura 4.7A). Estimando-se aumentando de 5,9 kg para 7,1 kg sob as doses de 0 kg ha⁻¹ e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente. Sob a irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹ os dados da massa dos frutos não se ajustaram aos modelos testados. No verão os dados de massa média dos frutos, independentemente da água de irrigação, não se ajustaram aos modelos de regressão (Figura 4.7B).

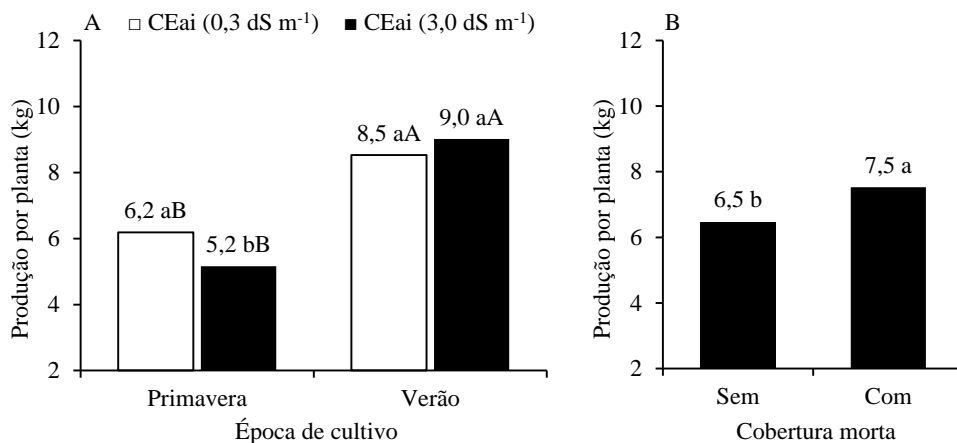


*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4.7 Massa média de frutos de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

4.3.1.4 Produção por planta

A produção por planta foi afetada isoladamente pela época de cultivo e a cobertura morta do solo, e pela interação da época de cultivo com a condutividade elétrica da água de irrigação (Tabela 4.2). Na primavera a produção foi reduzida de 6,2 kg por planta para 5,2 kg por planta ao se elevar a condutividade elétrica da água de irrigação de 0,3 dS m⁻¹ para 3,0 dS m⁻¹, respectivamente, representando perda de 16%, ou 1 kg por planta (Figura 4.8A). No verão não se observou diferença entre as águas de irrigação, com média de produção de 8,8 kg por planta. No verão as plantas de melancia produziram mais que na primavera, estimando-se acréscimos de 2,3 kg por planta (37%), sob irrigação com água de 0,3 dS m⁻¹, e de 3,8 kg por planta (73%), nas áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹, ao se alterar a época de cultivo da primavera para o verão. Quanto ao uso da cobertura morta, observou-se que esta prática aumentou a produção por planta para 7,5 kg em comparação aos 6,5 kg obtidos sem cobertura morta, estimando ganho 15%, ou seja, acréscimo médio de 1 kg por planta (Figura 4.8B).

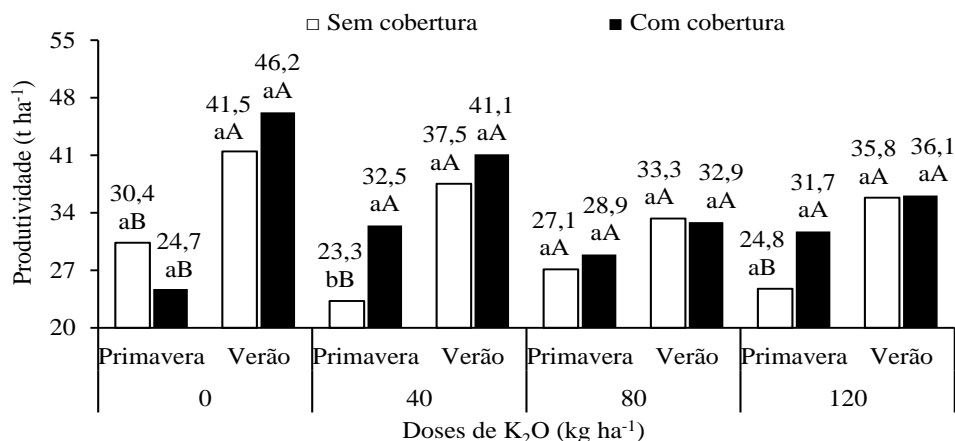


Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de condutividade elétrica da água de irrigação ou de cobertura morta do solo e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 4.8 Produção de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em cultivos de primavera e verão (A), e nas áreas sem e com cobertura morta do solo (B).

4.3.1.5 Produtividade

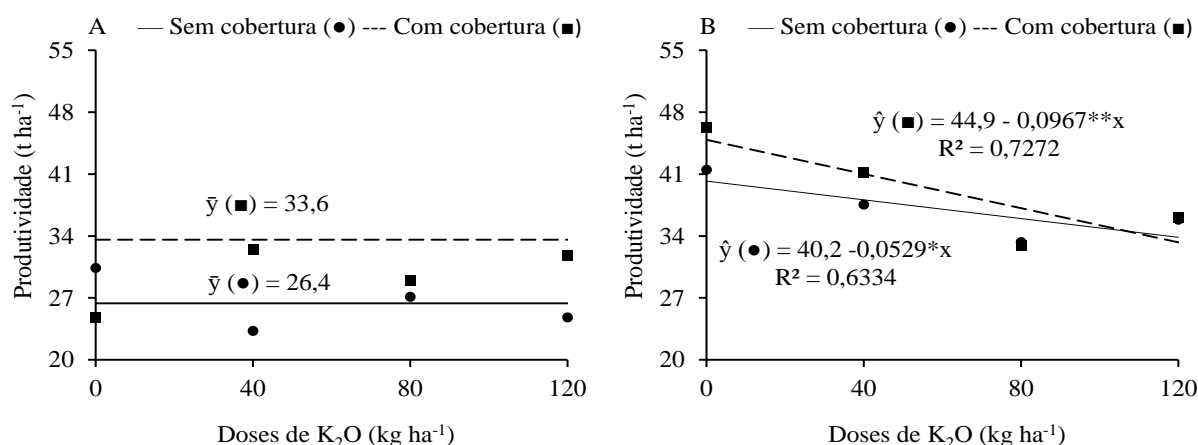
A produtividade foi influenciada apenas pela época de cultivo, isoladamente, e pela interação desse fator com a cobertura morta e as doses de potássio (Tabela 4.2). O uso de cobertura morta do solo aumentou a produtividade apenas no verão, sob as doses de 40 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O, onde esta prática cultural elevou em 39% e 28%, respectivamente, o rendimento (Figura 4.9). Em relação as épocas de cultivo as maiores produtividades foram observadas no verão, principalmente, sob as menores doses de potássio. Sem a aplicação de potássio obteve-se, em média, 27,6 t ha⁻¹, na primavera, e 43,9 t ha⁻¹, no verão. Sob a dose de 40 kg ha⁻¹ de K₂O os rendimentos na primavera foram de 23,3 t ha⁻¹ e 32,5 t ha⁻¹, nas áreas sem e com cobertura, respectivamente, e no verão uma média de 39,3 t ha⁻¹. Na dose de 80 kg ha⁻¹ de K₂O não observou-se diferença entre as épocas de cultivo, com média de 30,6 t ha⁻¹. Com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de K₂O foi obtida diferenças apenas quando não utilizou-se cobertura morta, sendo de 24,8 t ha⁻¹ na primavera e de 35,8 t ha⁻¹ no verão, enquanto nas áreas com cobertura morta obteve-se média de 36 t ha⁻¹. Em termos gerais a menor produtividade foi obtida na época da primavera, na área sem cobertura morta e adubada com 40 kg ha⁻¹ de K₂O (23,3 t ha⁻¹). Já a maior produtividade foi obtida na época do verão, na área com cobertura morta e sem aplicação de potássio (46,2 t ha⁻¹).



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de cobertura morta do solo e maiúscula entre épocas de cultivo, sob cada dose de potássio não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 4.9 Produtividade de plantas de melancia cv. Crimson Sweet, nas áreas sem e com cobertura morta do solo, em cultivos de primavera e verão, sob os efeitos de doses potássio.

As análises em função das doses de potássio sobre a produtividade podem ser observadas na Figura 4.10. Na primavera, independentemente da prática da cobertura morta, os dados não se ajustaram a regressão em função das doses de potássio (Figura 4.10A). No verão a produtividade foi reduzida nas taxas de 1,0 t ha⁻¹ (2%), áreas sem cobertura morta, e de 0,5 t ha⁻¹ (1%), áreas com cobertura morta, a cada aplicação de 10 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 4.10B).



* e **: significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 4.10 Produtividade de plantas de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), nas áreas sem e com cobertura morta do solo, em função de doses de potássio.

4.3.2 Qualidade de Frutos de Melancia

As análises de variância para a qualidade dos frutos de melancia foram realizadas de forma conjunta em relação as épocas de cultivo, pois, de acordo com o teste F de Hartley ($p \leq 0,05$), as variâncias residuais comportaram-se de forma homogênea (Tabela 4.3).

Analisando isoladamente os fatores observou-se que a condutividade elétrica da água de irrigação afetou a acidez titulável e a relação entre sólidos solúveis e acidez titulável; a época de cultivo influenciou o potencial hidrogeniônico, os sólidos solúveis e a relação entre sólidos solúveis e acidez titulável e; as doses de potássio e a cobertura morta não afetaram as variáveis estudadas (Tabela 4.3). Também foram observadas interações entre esses fatores, como entre a condutividade elétrica da água de irrigação e a época de cultivo sobre os diâmetros, longitudinal e transversal, dos frutos e na relação entre sólidos solúveis e acidez titulável; entre doses de potássio e época de cultivo na acidez titulável; e entre cobertura morta, doses de potássio e época de cultivo no potencial hidrogeniônico e sólidos solúveis (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 Teste de homogeneidade (F_{Hartley}) entre as variâncias residuais das épocas de cultivo e resumo das análises de variância (ANOVA) das variáveis diâmetro longitudinal (DL) e transversal (DT) de frutos, potencial de hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) na polpa de melancia cv. Crimson Sweet cultivada sob os efeitos dos fatores condutividade elétrica da água de irrigação (CEai), cobertura morta (CM), potássio (K) e época de cultivo (EC)

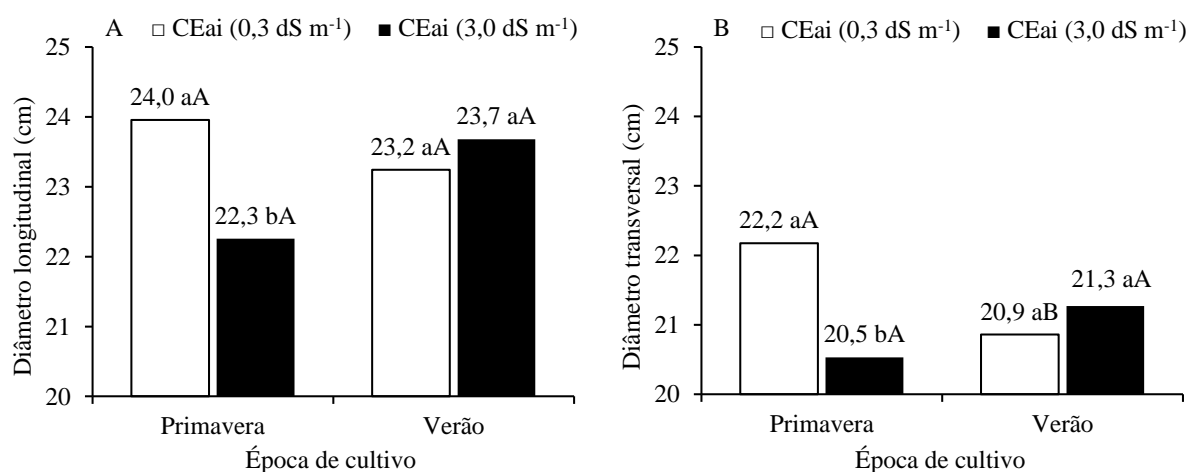
		DL	DT	pH	SS	AT	SS/AT
Teste de homogeneidade ¹		$F_{\text{Hartley}} = \sigma^2_{\text{maior}}/3\sigma^2_{\text{menor}}$					
		0,81 ^{ns}	0,65 ^{ns}	1,45 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,46 ^{ns}
Fontes de Variações	Gl	Quadrado Médio					
Bloco/EC	5	31,8855*	17,2345*	0,0748 ^{ns}	1,3921 ^{ns}	0,2845*	6,3678*
Água (CEai)	1	11,6892 ^{ns}	11,1551 ^{ns}	0,0174 ^{ns}	0,1755 ^{ns}	0,2721*	9,5379*
Época de cultivo (EC)	1	3,4796 ^{ns}	2,2708 ^{ns}	2,4372**	38,9141**	0,1143 ^{ns}	45,9640**
CEai x EC	1	31,3305*	28,8342*	0,0356 ^{ns}	0,2257 ^{ns}	0,1548 ^{ns}	5,8916*
Resíduo (a)	5	4,3113	3,1549	0,0621	0,4955	0,0378	0,5884
Cobertura Morta (CM)	1	2,7089 ^{ns}	0,2054 ^{ns}	0,0654 ^{ns}	1,1740 ^{ns}	0,1009 ^{ns}	4,5635 ^{ns}
Potássio (K)	3	3,5839 ^{ns}	1,6965 ^{ns}	0,0116 ^{ns}	0,2747 ^{ns}	0,0294 ^{ns}	0,8932 ^{ns}
CEai x CM	1	1,5503 ^{ns}	0,0421 ^{ns}	0,0245 ^{ns}	0,4791 ^{ns}	0,0015 ^{ns}	0,0339 ^{ns}
CEai x K	3	1,0620 ^{ns}	1,2177 ^{ns}	0,0151 ^{ns}	0,6098 ^{ns}	0,0140 ^{ns}	0,2662 ^{ns}
CM x K	3	0,1241 ^{ns}	0,6622 ^{ns}	0,0355 ^{ns}	0,5948 ^{ns}	0,0571 ^{ns}	0,2536 ^{ns}
CM x EC	1	1,3522 ^{ns}	0,9463 ^{ns}	0,0330 ^{ns}	0,3191 ^{ns}	0,0328 ^{ns}	0,5508 ^{ns}
K x EC	3	0,3812 ^{ns}	0,0868 ^{ns}	0,0238 ^{ns}	0,5413 ^{ns}	0,1362*	2,3019 ^{ns}
CEai x CM x K	3	0,1601 ^{ns}	0,8614 ^{ns}	0,0099 ^{ns}	0,4487 ^{ns}	0,0470 ^{ns}	1,2411 ^{ns}
CEai x CM x EC	1	0,2866 ^{ns}	2,0868 ^{ns}	0,0433 ^{ns}	0,2781 ^{ns}	0,0366 ^{ns}	0,0033 ^{ns}
CEai x K x EC	3	1,2878 ^{ns}	0,3318 ^{ns}	0,0225 ^{ns}	0,4892 ^{ns}	0,0030 ^{ns}	0,3603 ^{ns}
CM x K x EC	3	0,9101 ^{ns}	0,3614 ^{ns}	0,0676*	1,8506**	0,0040 ^{ns}	0,7331 ^{ns}
CEai x CM x K x EC	3	0,3315 ^{ns}	0,1813 ^{ns}	0,0149 ^{ns}	0,6588 ^{ns}	0,0156 ^{ns}	0,8360 ^{ns}
Resíduo (b)	70	2,1556	1,4368	0,0184	0,3354	0,0459	1,2231
CV(a) (%)		8,93	8,37	4,66	6,87	13,41	10,58
CV(b) (%)		6,31	5,65	2,54	5,60	14,77	15,25

¹Modificada por Pimentel-Gomes (2012), com os valores críticos elaborada por Pearson e Hartley (1956);
^{ns}, ** e *: não significativo e significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

4.3.2.1 Diâmetros de frutos

O crescimento longitudinal e transversal dos frutos foi influenciado apenas pela interação entre a condutividade elétrica da água de irrigação e a época de cultivo (Tabela 4.3). O diâmetro longitudinal dos frutos na primavera foi de 24,0 cm, sob irrigação com água de 0,3 dS m⁻¹, e de 22,3 cm, sob irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹, ou seja, o uso de água de maior salinidade inibindo o crescimento dos frutos em 1,7 cm ou 7% (Figura 4.11A). Nessa mesma época também observou-se redução no diâmetro transversal dos frutos, passando, em média, de 22,2 cm para 20,5 cm quando se alterou a água de irrigação de 0,3 m⁻¹ para 3,0 m⁻¹, respectivamente, com perda de 1,7 cm ou 8% (Figura 4.11B). No verão a diferença na condutividade elétrica da água de irrigação não afetou o tamanho dos frutos, com médias de 23,5 cm (Figura 4.11A) e 21,1 cm (Figura 4.11B) de diâmetros longitudinal e transversal, respectivamente.

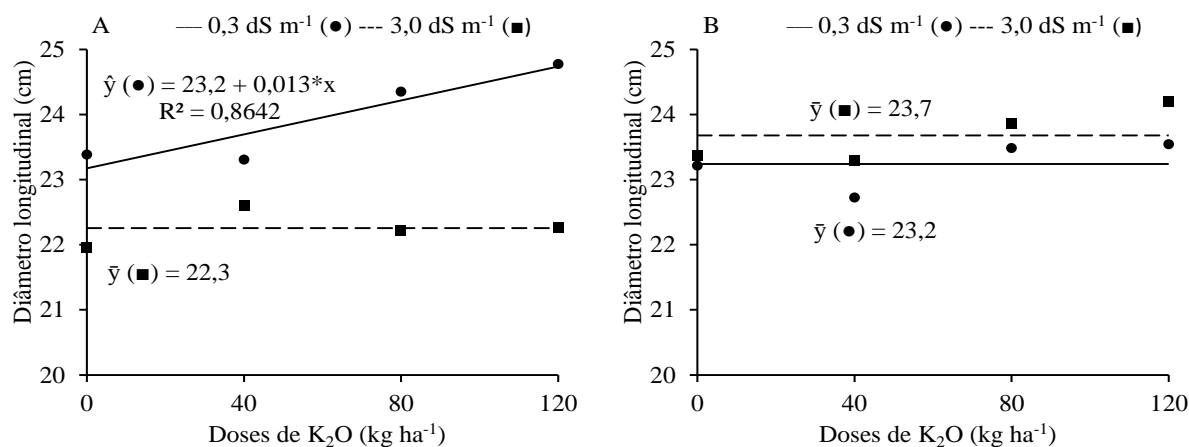
As épocas de cultivo praticamente não afetaram o crescimento dos frutos. Nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ obteve-se frutos com diâmetro longitudinal médio de 23,6 cm (Figura 4.11A) e com diâmetro transversal médio de 22,2 cm, na primavera, e de 20,9 cm, no verão (Figura 4.11B). Na irrigação com água de 3,0 dS m⁻¹ o diâmetro longitudinal e transversal dos frutos foram, em média, de 23,0 cm (Figura 4.11A) e 20,9 cm (Figura 4.11B), respectivamente.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 4.11 Diâmetro longitudinal (A) e transversal (B) de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em cultivos de primavera e verão.

A regressão das doses de potássio, no desdobramento da interação entre condutividade elétrica da água de irrigação e épocas de cultivo, sobre o crescimento em diâmetro longitudinal dos frutos de melancia pode ser observada na Figura 4.12. Na primavera, o aumento nas doses de potássio estimulou o crescimento em diâmetro longitudinal dos frutos na taxa de 1,3 mm para cada 10 kg ha⁻¹ de K₂O, nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ (Figura 4.12A). Nas áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ os dados não se ajustaram a regressão em função das doses de potássio. No verão, independentemente da água de irrigação, os dados de crescimento em diâmetro longitudinal dos frutos não se ajustaram a regressão em função das doses de potássio (Figura 4.12B).



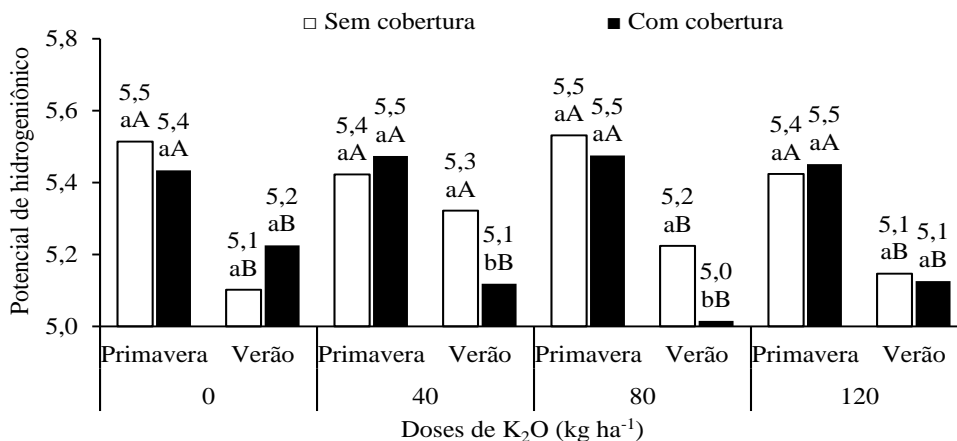
*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4.12 Diâmetro longitudinal de frutos de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

4.3.2.2 Potencial hidrogeniônico (pH)

O potencial hidrogeniônico (pH) da polpa de frutos foi afetado pela época de cultivo e pela interação desse fator com os fatores doses de potássio e cobertura morta (Tabela 4.3). As variações no pH da polpa de frutos de melancia, em relação a interação desses fatores supracitados, podem ser observadas na Figura 4.13. Na primavera, independentemente das doses de potássio, o pH da polpa dos frutos de melancia não foi afetado pelo uso de cobertura morta no solo sendo, em média, de 5,5. No verão, sob as doses de 40 e 80 kg ha⁻¹ de K₂O, o uso de cobertura morta do solo reduziu o pH em 0,2 pontos (4%). Nessa mesma época de cultivo, sem a aplicação de potássio e sob a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O não se observou efeito da

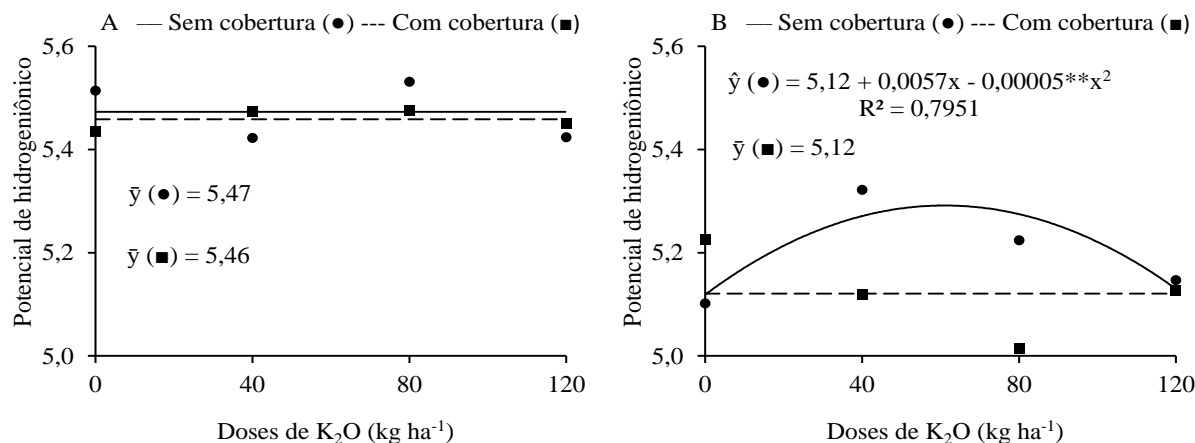
cobertura do solo. Quanto as épocas de cultivo observou-se que, independentemente da dose de potássio e da prática da cobertura morta, os maiores valores de pH na polpa dos frutos foram obtidos na primavera, com exceção para a dose 40 kg ha⁻¹ de K₂O sem cobertura morta onde não se identificou diferença. Sendo as maiores reduções entre épocas de cultivo observadas nos frutos colhidos nas áreas com cobertura morta, exceto na ausência de adubação potássica.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de cobertura morta do solo e maiúscula entre épocas de cultivo, sob cada dose de potássio não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 4.13 Potencial hidrogeniônico (pH) em polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, das áreas sem e com cobertura morta do solo, em cultivos de primavera e verão, sob os efeitos de doses potássio.

A regressão linear em função das doses de potássio sobre o potencial hidrogeniônico (pH) da polpa de frutos pode ser observada na Figura 4.14. Na primavera, independentemente da prática da cobertura morta, os dados não se ajustaram aos modelos avaliados (Figura 4.14A). No verão, nas áreas sem cobertura morta, o pH aumentou até a dose estimada de 57 kg ha⁻¹ de K₂O, equivalente ao valor de 5,3 (Figura 4.14B). Na ausência de adubação potássica e sob a dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O estimou-se o valor do pH da polpa dos frutos em 5,1, variação e 4% em relação ao valor máximo obtido sob a dose de 57 kg ha⁻¹ de K₂O. Com o uso de cobertura morta, na época do verão, os dados de pH não se ajustaram à regressão em função das doses de potássio.

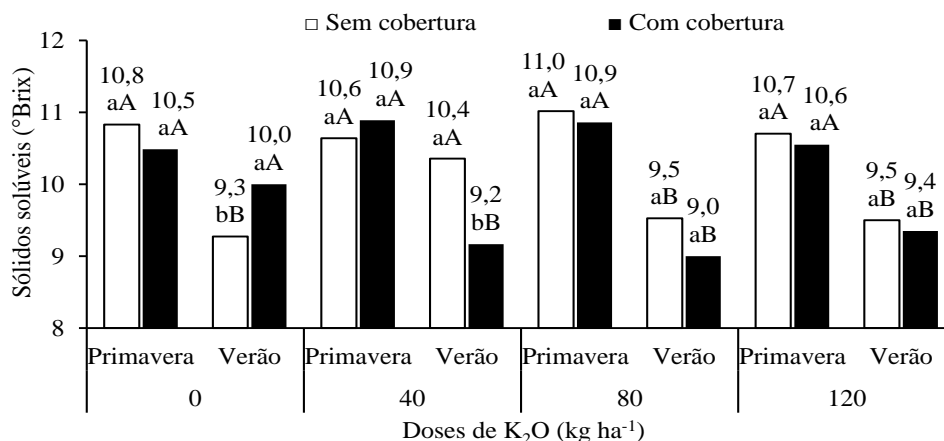


** : significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4.14 Potencial hidrogeniônico (pH) em polpa de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), das áreas sem e com cobertura morta do solo, em função de doses de potássio.

4.3.2.3 Sólidos solúveis

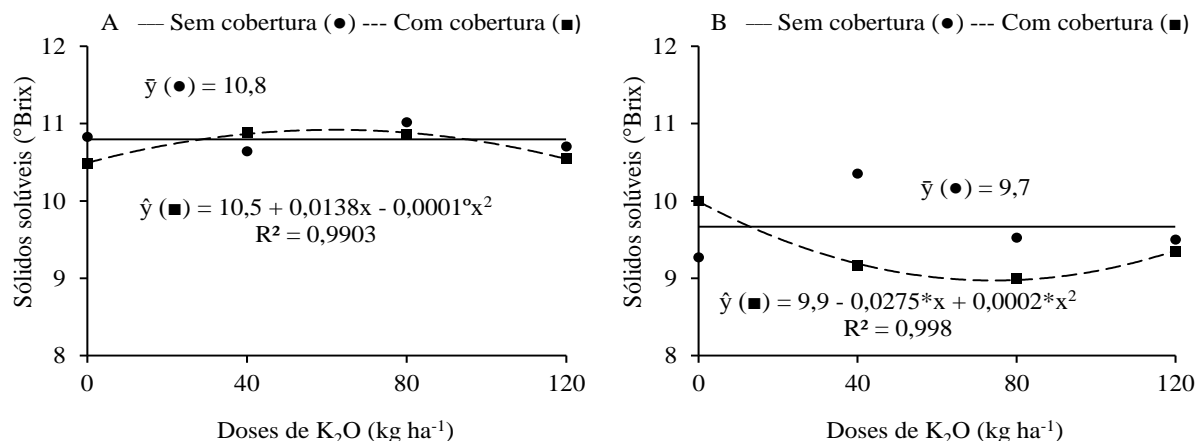
Os sólidos solúveis na polpa dos frutos, semelhantemente aos efeitos de pH, foram afetados pelo fator épocas de cultivo e pela interação desse fator com a prática da cobertura morta e as doses de potássio (Tabela 4.3). As variações dos sólidos solúveis em relação a interação desses três fatores podem ser observadas na Figura 4.15. Na primavera, independentemente da dose de potássio, não se observou efeito da cobertura morta nos sólidos solúveis. Como também observado na época do verão, nas doses de 80 e 120 kg ha⁻¹ de K₂O. Nessa época observou-se que o uso de cobertura morta do solo elevou em 8%, nas áreas sem aplicação de potássio, e reduziu em 12%, sob a dose de 40 kg ha⁻¹ de K₂O, os sólidos solúveis dos frutos. Entre as épocas de cultivos os maiores valores de sólidos solúveis foram obtidos na primavera, com exceções para as condições de ausência da adubação potássica associada ao uso de cobertura morta como também sob a dose de 40 kg ha⁻¹ de K₂O nas áreas sem cobertura morta, onde não se identificou diferenças entre as épocas de cultivo.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de cobertura morta do solo e maiúscula entre épocas de cultivo, sob cada dose de potássio não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 4.15 Sólidos solúveis na polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, das áreas sem e com cobertura morta do solo, em cultivos de primavera e verão, sob os efeitos de doses potássio.

As análises em função das doses de potássio sobre os sólidos solúveis na polpa dos frutos podem ser observadas na Figura 4.16. Na primavera, nas áreas sem cobertura morta, os dados não se ajustaram aos modelos avaliados (Figura 4.16A). Nas áreas com o uso de cobertura morta os sólidos solúveis aumentaram com as doses de potássio, obtendo-se o valor máximo de 11°Brix sob a dose de 69 kg ha⁻¹ de K₂O. No verão, nas áreas sem cobertura morta, os dados dos sólidos solúveis não se ajustaram a regressão em função das doses de potássio (Figura 4.16B). Nas áreas com cobertura morta, o maior valor de sólidos solúveis dos frutos foi de 9,9°Brix obtido na ausência de aplicação de potássio e o menor de 9,0°Brix sob a dose de 69 kg ha⁻¹ de K₂O.

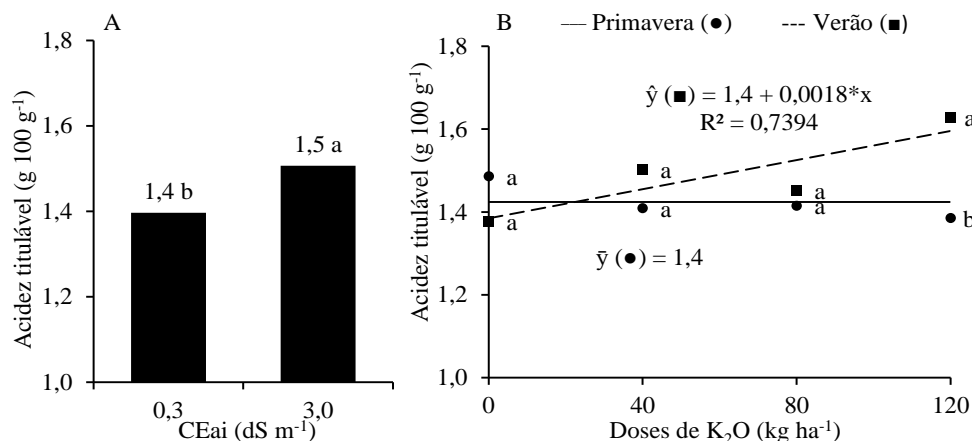


° e *: significativo a 10% e 5% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Figura 4.16 Sólidos solúveis na polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), das áreas sem e com cobertura morta do solo, em função de doses de potássio.

4.3.2.4 Acidez titulável

A acidez titulável, na polpa dos frutos, foi afetada pela condutividade elétrica da água de irrigação e, pela interação entre as épocas de cultivo e as doses de potássio (Tabela 4.3). Uso de água de $0,3 \text{ dS m}^{-1}$ para a irrigação das áreas cultivadas com plantas de melancia proporcionou frutos com $1,4 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ de acidez titulável, enquanto que nas áreas irrigadas com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ obteve-se frutos com acidez titulável de $1,5 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ (Figura 4.17A). Essa variação representou acréscimo de 7% na acidez dos frutos ocasionado pela água de maior condutividade elétrica. Na comparação entre as épocas de cultivo observou-se, apenas sob a dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O , que a maior acidez titulável foi obtida nos frutos colhidos no verão em comparação aos da primavera (Figura 4.17B). Sob as demais doses não observou-se diferenças entre as épocas de cultivo sobre a acidez titulável. Em relação as doses de potássio os dados de acidez titulável na polpa dos frutos produzidos na época da primavera não se ajustaram às regressões testadas (Figura 4.17B). Na época do verão a acidez titulável dos frutos aumentou em 1% a cada aumento de 10 kg ha^{-1} de K_2O .



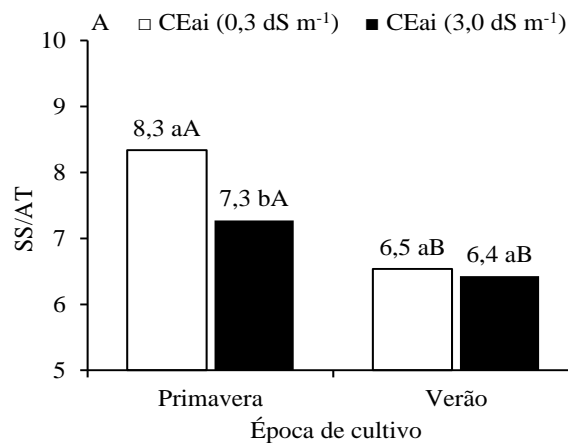
Médias seguidas pela mesma letra, entre condutividade elétrica da água de irrigação e entre épocas de cultivo dentro de cada dose de potássio, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

*: significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4.17 Acidez titulável na polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹ (A), e em cultivos de primavera e verão em função de doses de potássio (B).

4.3.2.5 Relação SS/AT

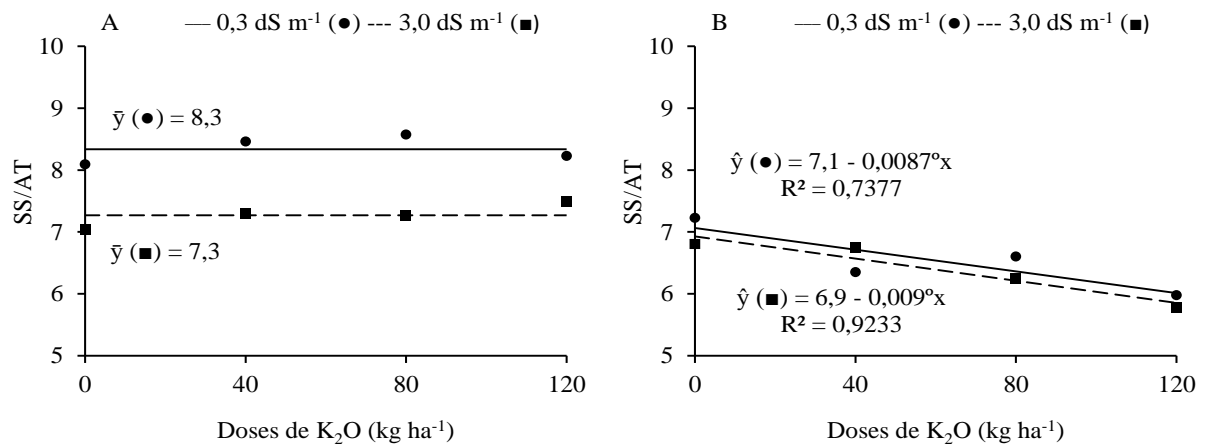
A relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (SS/AT) na polpa dos frutos foi afetada pelos fatores condutividade elétrica da água de irrigação e época de cultivo, isoladamente, como também pela interação entre esses fatores (Tabela 4.3). O aumento da condutividade elétrica da água de irrigação, na primavera, reduziu a relação SS/AT em 12%, ou seja, os valores médios dessa relação passaram de 8,3, nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹, para 7,3, quando se utilizou água de 3,0 dS m⁻¹ para a irrigação (Figura 4.18). No verão não se observou efeito da condutividade elétrica da água de irrigação na relação SS/AT. Quanto as épocas de cultivo, independentemente da água utilizada na irrigação, os maiores valores da relação SS/AT foram obtidos na primavera. Nas áreas irrigadas com água de 0,3 dS m⁻¹ obteve-se frutos com relação SS/AT de 8,3, na primavera, e de 6,5, no verão, redução de 22% entre a primeira e a segunda época de cultivo. Nas áreas irrigadas com água de 3,0 dS m⁻¹ os valores da relação SS/AT, nos cultivos de primavera e verão, foram respectivamente de 7,3 e 6,4, representado diminuição nessa relação em 12%.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula entre níveis de condutividade elétrica da água de irrigação e maiúscula entre épocas de cultivo, não diferem entre si pelo teste F ($p \leq 0,05$).

Figura 4.18 Relação entre os sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) em polpa de frutos de melancia cv. Crimson Sweet, das sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em cultivos de primavera e verão.

As variações na relação SS/AT em função de doses de potássio podem ser visualizadas na Figura 4.19. Na primavera, independentemente da condutividade elétrica da água de irrigação, os ajustes dos dados da relação SS/AT em função das doses de potássio foram não significativos (Figura 4.19A). No verão, independentemente da condutividade elétrica da água de irrigação, a relação SS/AT reduziu em 1% para cada aplicação de 10 kg ha⁻¹ de K₂O (Figura 4.19B).

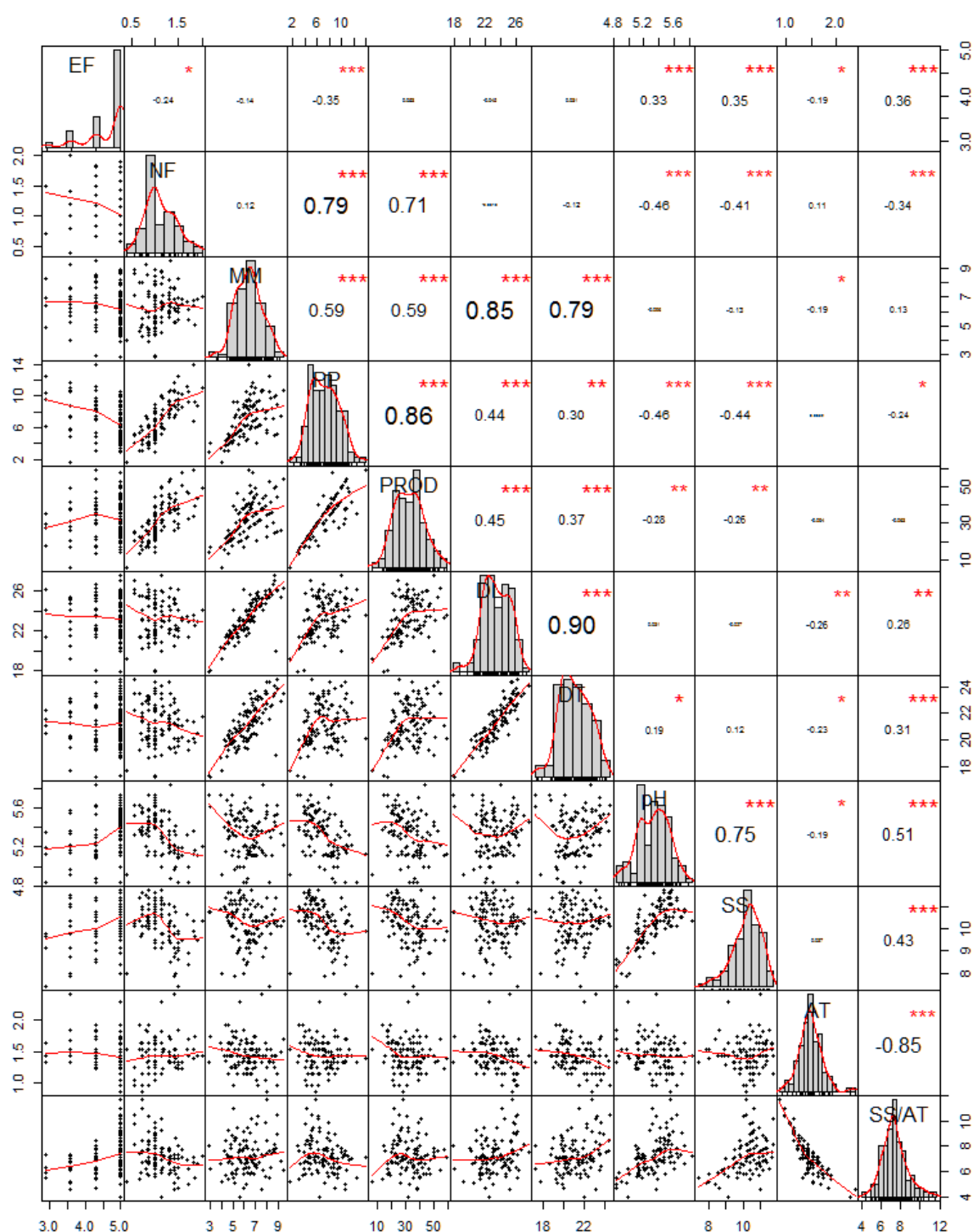


°: significativo a 10% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4.19 Relação entre os sólidos solúveis (SS) e a acidez titulável (AT) em polpa de melancia cv. Crimson Sweet em cultivos de primavera (A) e verão (B), sob irrigação com água de condutividade elétrica de 0,3 dS m⁻¹ e 3,0 dS m⁻¹, em função de doses de potássio.

4.3.3 Análises de Correlação e Multivariadas

As correlações entre componentes de produção e características físico-químicas de frutos de melancia podem ser observadas na Figura 4.20. Podendo-se observar que as maiores correlações foram entre as variáveis diâmetro longitudinal e transversal ($\rho = 0,90$), produção por plantas e produtividade ($\rho = 0,86$), massa média e diâmetro longitudinal ($\rho = 0,85$), massa média e diâmetro transversal ($\rho = 0,79$), número de frutos e produção por planta ($\rho = 0,79$), potencial hidrogeniônico e sólidos solúveis ($\rho = 0,75$) e, número de frutos e produtividade ($\rho = 0,71$). As menores correlações foram caracterizadas entre variáveis acidez titulável e a relação sólidos solúveis/acidez titulável ($\rho = -0,85$), número de frutos e potencial de hidrogeniônico ($\rho = -0,46$), produção por planta e potencial de hidrogeniônico ($\rho = -0,46$), produção por planta e sólidos solúveis ($\rho = -0,44$) e, número de frutos e sólidos solúveis ($\rho = -0,41$).



EF= estande final, NF= número de frutos por planta (NF), massa média de frutos (MM), produção por planta (PP) e, produtividade, e para as variáveis físico-químicas dos frutos, diâmetros longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e, relação SS/AT.

*, ** e ***: significativo a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade, respectivamente pelo teste t.

Figura 4.20 Correlação de Pearson entre variáveis de produção e qualidade de frutos de melancia cv. Crimson Sweet.

Na análise de componente principal as 11 variáveis foram resumidas em dois componentes com 73,6% da variação total (Tabela 4.4). O primeiro componente explica 46,5% da variabilidade total, representa as características de produção e de qualidade dos frutos. Nesse componente as variáveis número de frutos por planta, massa média de frutos, produção por planta e produtividade contribuem para aumento do rendimento da cultura. Também se pode inferir que elevado rendimento resultou de estande final de plantas menor e, com produção de frutos com sabor mais ácido. No segundo componente, que possui 27,1% da variabilidade total, observa-se as relações entre características físicas e de sabor dos frutos. Nesse componente pode-se observar que frutos com maior massa estão associados a frutos maiores, diâmetros longitudinal e transversal, como também de gosto mais doce devido a maior relação entre os sólidos solúveis e a acidez titulável.

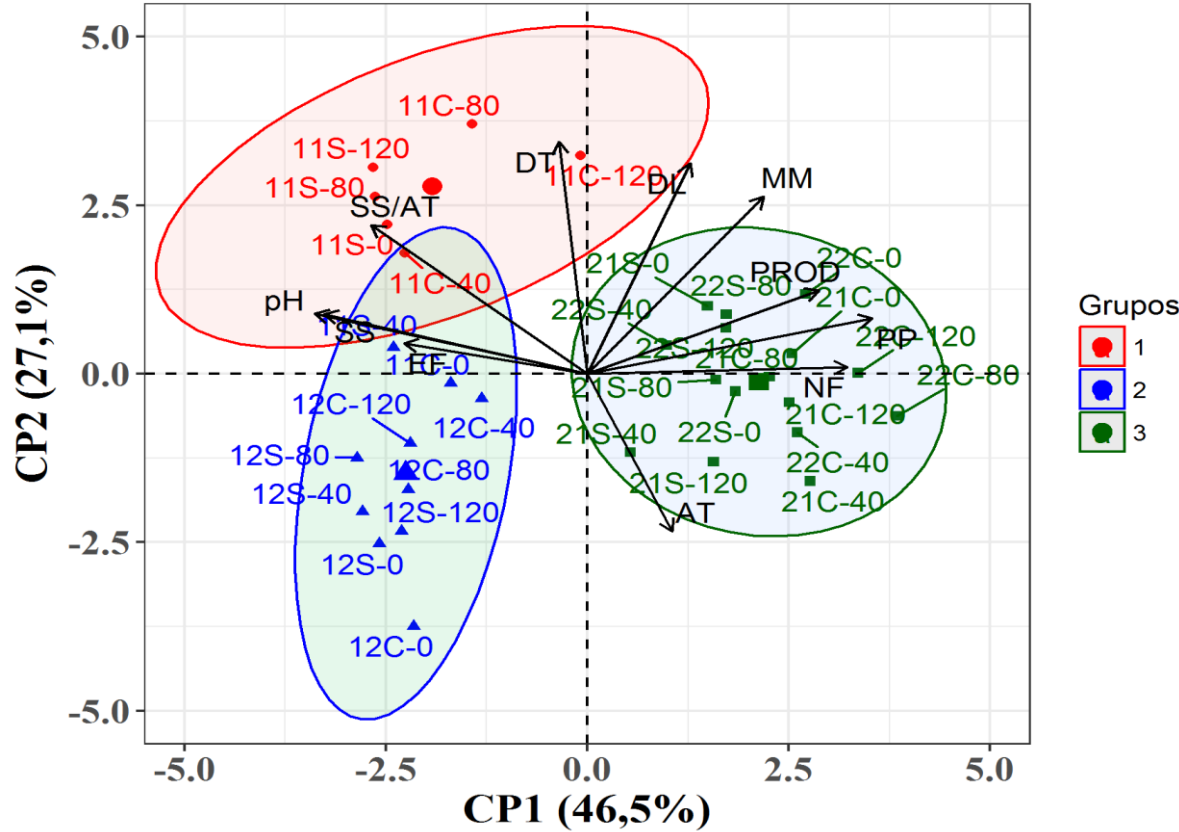
Tabela 4.4 Matriz de autovalores e autovetores dos componentes principais (CP) das variáveis de produção de plantas de melancia cv. Crimson Sweet

	CP1	CP2
Autovalor (λ)	5,11	2,99
Variância explicada (%)	46,5	27,1
Variância acumulada (%)	46,5	73,6
Autovetores¹		
Estande final (EF)	-0,2652	0,0689
Número de frutos por planta (NF)	0,3770	0,0150
Massa média de frutos (MM)	0,2557	0,4019
Produção por planta (PP)	0,4132	0,1254
Produtividade (PROD)	0,3357	0,1894
Diâmetro longitudinal do fruto (DL)	0,1494	0,4768
Diâmetro transversal do fruto (DT)	-0,0411	0,5255
Potencial de hidrogeniônico na polpa (pH)	-0,3951	0,1369
Sólidos solúveis na polpa (SS)	-0,3815	0,1351
Acidez titulável na polpa (AT)	0,1233	-0,3576
Relação SS/AT	-0,3128	0,3370

¹O critério utilizado para separar as variáveis representativas do componente foi baseado no módulo da relação $0,5(\lambda^{-0,5})$ (OVALLES; COLLINS, 1988), estando destacada em negrito

De acordo com a análise de agrupamento, foi possível formar três grupos, determinados pelos fatores época de cultivo e condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 4.21). O

primeiro grupo é caracterizado pelo uso da água de irrigação de 0,3 dS m⁻¹ na época da primavera, destacando-se pelos elevados valores, ordenados segundo o grau de contribuição, as variáveis potencial hidrogeniônico, sólidos solúveis e relação entre sólidos solúveis e acidez titulável, na polpa dos frutos, e diâmetro longitudinal e transversal dos frutos. No segundo grupo, associado a época da primavera sob o uso da água de irrigação de 3,0 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, ressalta-se os maiores valores de estande final. O terceiro grupo reúne a variabilidade obtida na época do verão, destacando-se, segundo o grau de contribuição, os elevados valores de produção e número de frutos produção por planta, produtividade, massa média e acidez titulável na polpa dos frutos.

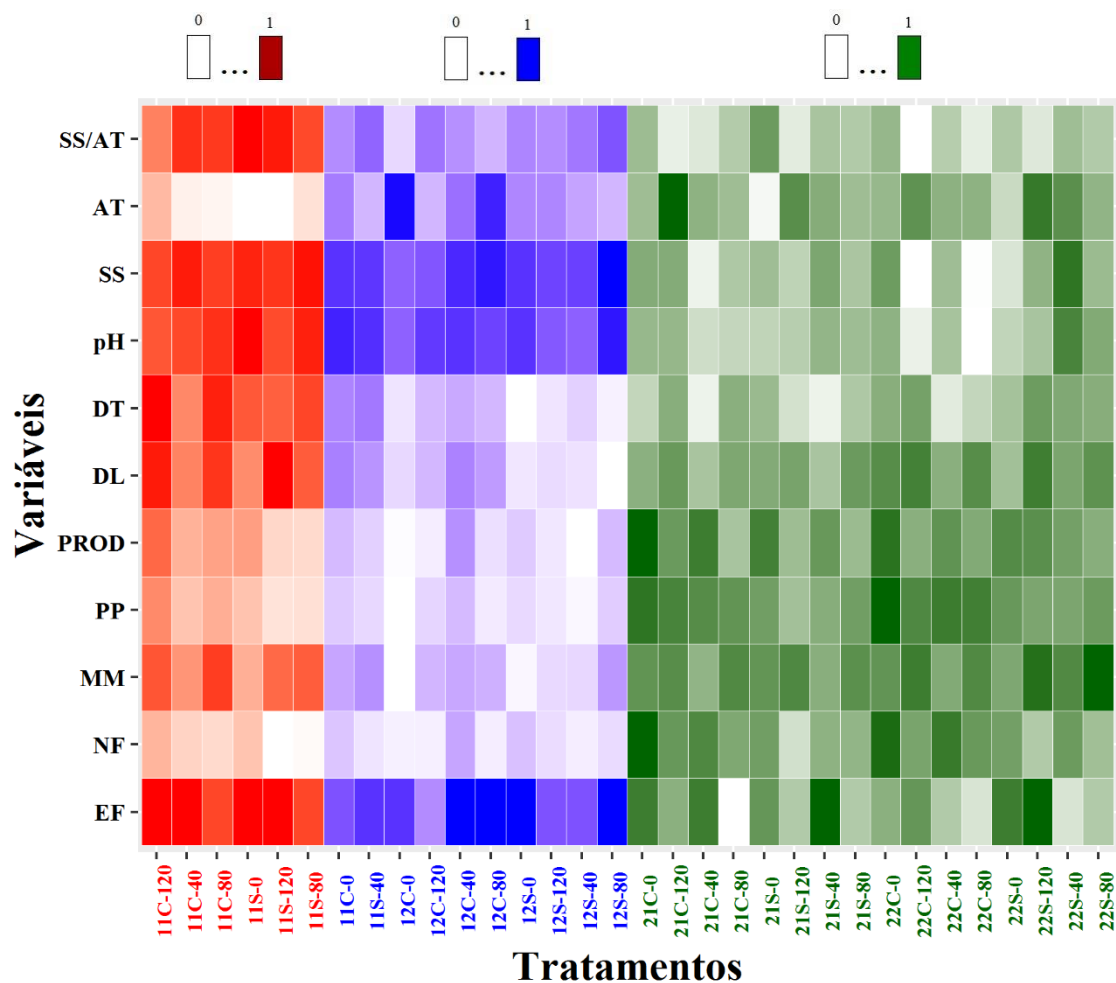


Tratamento	EC	CEai (dS m ⁻¹)	CM	K (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
11S-0	1 – primavera	1 – 0,3	S – sem	0
.	.	.	.	40
.	.	.	.	80
22C-120	2 – verão	2 – 3,0	C – com	120

EF= estande final, NF= número de frutos por planta (NF), massa média de frutos (MM), produção por planta (PP) e, produtividade, e para as variáveis físico-químicas dos frutos, diâmetros longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e, relação SS/AT.

Figura 4.21 Dispersão das variáveis de produção e agrupamento dos tratamentos com base nos escores do primeiro (CP1) e segundo (CP2) componente principal.

A variação dos valores normalizados das variáveis em todos os tratamentos dos três grupos formados pode ser visualizada na Figura 4.22. No grupo 1 se observa que o uso de cobertura morta e elevadas doses de potássio favoreceram o crescimento dos frutos, enquanto frutos com polpa de maior pH, sólidos solúveis e de sabor de gosto mais doce (maior relação SS/AT) foram obtidos nas áreas sem uso de cobertura morta e com aplicação de potássio. No grupo 2, verifica-se que o estande final foi maior sob as menores doses de potássio. No grupo 3 o uso de cobertura morta associada com baixas doses de potássio aumentou o rendimento da cultura.



Tratamento	EC	CEai (dS m ⁻¹)	CM	K (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
11S-0	1 – primavera	1 – 0,3	S – sem	0
.	.	.	.	40
.	.	.	.	80
22C-120	2 – verão	2 – 3,0	C – com	120

EF= estande final, NF= número de frutos por planta (NF), massa média de frutos (MM), produção por planta (PP) e, produtividade, e para as variáveis físico-químicas dos frutos, diâmetros longitudinal (DL), diâmetro transversal (DT), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e, relação SS/AT.

Figura 4.22 Heatmap dos valores normalizados na escala de 0 (menor) a 1 (maior) das variáveis de produção nos tratamentos que compõem os três grupos.

4.4 DISCUSSÃO

4.4.1 Componentes de Produção

A época de cultivo foi o principal fator determinante na variação dos componentes de produção e produtividade da cultura da melancia cv. Crimson Sweet, sendo seus efeitos alterados pela condutividade elétrica da água de irrigação, cobertura morta do solo e doses de potássio. De acordo com Sentelhas e Monteiro (2009) os elementos meteorológicos estão diretamente relacionados à produção vegetal, pois alteram processos metabólicos das plantas e podem também interferir nas atividades de campo. Estes autores relatam que cerca de 80% da variabilidade da produção agrícola mundial está associada as condições meteorológicas durante o ciclo de cultivo. Entre os elementos agrometeorológicos que influenciam no cultivo da melancia destacam-se a radiação solar e a insolação, temperaturas do ar e do solo, umidade do ar, velocidade do vento e precipitação (TEIXEIRA, 2014).

No verão foram obtidos maiores valores no número de frutos por planta (Figura 4.4), produção por planta (Figura 4.8A) e produtividade (Figura 4.8) de melancia cv. Crimson Sweet. Essas variações nos componentes de produção estão relacionadas as condições meteorológicas reinantes e distintas na primavera e no verão (Figura 1.2), haja vista os cultivos terem sido em Neossolo Regolítico e com mesmo manejo da adubação e práticas culturais. Destacando-se principalmente os maiores valores de umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica ocorridos no verão em comparação com a primavera. Oliveira et al. (2015) avaliando épocas de cultivo e cultivares de melancia, em um Argissolo Vermelho Amarelo no município de Mossoró-RN, não observaram efeito da época de semeadura para as variáveis número de frutos por planta e massa média dos frutos. Mas a produtividade das plantas de melancia cv. Crimson Sweet esteve diretamente relacionada com a época de cultivo, obtendo maior rendimento no plantio em agosto ($62,8 \text{ t ha}^{-1}$) e as menores produtividade nos plantios de julho ($45,1 \text{ t ha}^{-1}$) e outubro ($43,0 \text{ t ha}^{-1}$) (OLIVEIRA et al., 2015).

A cultura da melancia exibe ampla variação em componentes de produção relacionados aos fatores ambientais, observada em diversos trabalhos, como alguns exemplos citados a seguir do potencial da cultivar Crimson Sweet. Monção et al. (2012), no município de Santa Rita de Cássia-BA, semearam no mês de maio em Latossolo Amarelo e obtiveram frutos com massa média de 7,0 kg e produtividade de $36,0 \text{ t ha}^{-1}$. Miranda, Monteiro e Oliveira (2005), no município de Paraipaba-CE, semearam no mês de julho em Neossolo Quartzarênico e

obtiveram frutos com massa média de 8,2 kg e produtividade de 50,7 t ha⁻¹. Silva et al. (2015), no município de Belém-PA, semearam no mês de agosto em Latossolo Amarelo e obtiveram frutos com massa média de 4,7 kg e produtividade de 87,9 t ha⁻¹. Carmo et al. (2015), no município de Boa Vista-RR, semearam no mês de dezembro em Latossolo Amarelo e obtiveram frutos com massa média de 7,8 kg e produtividade de 63,2 t ha⁻¹. Observando-se variação, do potencial sob as condições supracitadas, de 74% na massa média dos frutos e de 144% na produtividade da cultivar ao se alterar as condições edafoclimáticas.

O efeito da condutividade elétrica da água de irrigação esteve diretamente relacionada a época de cultivo. Na primavera, devido aos fatores meteorológicos, se utilizou maior lâmina de irrigação e consequentemente se aumentou a adição de sais ao solo. Sendo a adição de sais intensificada pelo uso de água de maior condutividade elétrica, resultando na redução da massa média dos frutos (Figura 4.6) e na produção por planta (Figura 4.8A). A cultura da melancia é considerada moderadamente sensível ao excesso de sais, ou seja, podem ser irrigadas com água de até 3,0 dS m⁻¹ de condutividade ou cultivadas em solos com condutividade elétrica do extrato de saturação máxima de 4,5 dS m⁻¹ sem perda no rendimento (AYERS; WESTCOT, 1999). Mas, essa é uma classificação geral da tolerância da melancia a salinidade alterando-se em relação a cultivar

Com a cultivar de melancia cv. Shadow, Costa et al. (2013) observaram redução no número de frutos por planta e na produtividade a partir da condutividade elétrica da água de irrigação de 0,6 dS m⁻¹, mas não identificaram alteração significativa na massa média dos frutos com a irrigação com água de até 5,0 dS m⁻¹. Enquanto Zong et al. (2011), com a cultivar Seed melon-1, observaram redução no número de frutos por planta e na produtividade com uso de água de 6,1 dS m⁻¹ de condutividade elétrica, mas também não observaram redução na massa média dos frutos.

Práticas culturais também podem alterar o rendimento das culturas. Com a cultura da melancia cv. Crimson Sweet, no verão, o uso de cobertura morta proporcionou maior número de frutos por planta (Figura 4.4). Com a cultivar de melancia Pérola, em Belém-PA, Lima Júnior e Lopes (2009) também encontraram maior número de frutos por planta com o uso de cobertura do solo, com destaque para o emprego dos materiais palhada e fibra de coco, mas não identificaram efeito para a massa média dos frutos. Enquanto Dantas et al. (2013) obtiveram maior massa média de frutos e produtividade de melancia cultivar Quetzale ao utilizarem cobertura do solo (mulching). A prática do plantio direto também favorece a produção da melancia (SILVA et al., 2013). Segundo estes autores o plantio direto além de aumentar o

número de frutos por planta, a massa média dos frutos e a produtividade, diminui a infestação de plantas daninhas e reduz a necessidade de capinas. O uso de cobertura do solo também proporcionam outros benefícios relacionados, principalmente, a redução da demanda hídrica (SILVA et al., 2015b) e melhor eficiência no uso da água (CARVALHO et al., 2011), além do fornecimento de nutrientes pela decomposição do material (AMARAL et al., 2016).

O adequado manejo da adubação, equilibrando os fatores fonte, doses, épocas e localização de aplicação, também favorece a produção das culturas (BRUULSEMA; LEMUNYON; HERTZ, 2009; CASARIN; STIPP, 2013). Sendo essencial conhecer a quantidade presente no solo e a demanda da cultura. No presente estudo o teor inicial de potássio no solo, $0,18 \text{ cmolc dm}^{-3}$, é considerado médio (VAN RAIJ, 2011) sendo indicado a aplicação de 60 kg ha^{-1} de K_2O (CAVALCANTI, 2008). Mas, como podemos observar, os efeitos das doses de potássio quando foram significativos prejudicaram os componentes de produção (Figura 4.3; Figura 4.5) e a produtividade da cultura (Figura 4.10). Como exceção, em uma situação específica, da massa média de frutos que foi favorecida pela aplicação de potássio (Figura 4.5).

Trabalhos de Monção et al. (2012) e Silva et al. (2015a) com teores baixo ($0,02 \text{ cmolc dm}^{-3}$) e médio ($0,18 \text{ cmolc dm}^{-3}$) de potássio, respectivamente, não obtiveram efeito das doses de potássio sobre a produção de melancia cv. Crimson Sweet. Enquanto Feltrim et al. (2011), cultivando melancia em Latossolo Vermelho-Amarelo com teor de $0,15 \text{ cmolc dm}^{-3}$ de potássio obtiveram maior produtividade com a doses estima de 107 kg ha^{-1} de K_2O . Sendo que a resposta também depende da fonte de potássio utilizada (CECÍLIO FILHO; GRANGEIRO, 2004).

4.4.2 Qualidade de Frutos

O formato dos frutos e a qualidade da polpa de melancia cv. Crimson Sweet foram determinados pelas características ambientais reinantes durante as épocas de cultivo, como também pelos fatores condutividade elétrica da água de irrigação, cobertura morta do solo e doses de potássio. O crescimento do fruto foi restringido pelo aumento da salinidade (Figura 4.11). O fruto de melancia é composto por mais de 90% de água requerendo, dessa forma, elevada demanda de água para o crescimento que provavelmente foi restringido pelo excesso de sais ocasionado pela água de irrigação. O excesso de sais solúveis dificulta a absorção de água pelas plantas pois reduz o potencial osmótico da solução do solo (AYERS; WESTCOT,

1999). O aumento na salinidade também elevou a acidez (Figura 4.17A) e deixou os frutos com sabor menos doce (Figura 4.18).

De acordo com Teixeira (2014) ambientes com umidade relativa do ar entre 60% e 80% proporcionam frutos com melhor sabor, aroma e consistência. Fator este também observado no presente trabalho, pois na primavera, próximo ao período de maior crescimento e maturação dos frutos, a umidade relativa do ar ficou dentro do intervalo mencionado pelo autor supracitado. Quando obteve-se frutos com maior potencial hidrogeniônico (Figura 4.13), sólidos solúveis (Figura 4.15) e de sabor mais doce (Figura 4.18) em comparação aos frutos colhidos no verão, onde se tinha maior umidade relativa do ar. Lembrando que outros fatores meteorológicos, como temperatura e radiação, podem interferir na qualidade dos frutos.

Realizando plantios melancia cv. Crimson Sweet nos meses de junho, agosto e outubro, Oliveira et al. (2015) também observaram variações na qualidade dos frutos. O teor de sólidos solúveis não variou, enquanto os maiores valores de potencial hidrogeniônico foram obtidos nos plantios de julho e outubro, de acidez titulável nos plantios de agosto e outubro e frutos com sabor mais doce no plantio de junho. Estando a variação na qualidade dos frutos atrelada as condições momentâneas do clima durante a produção como também ao manejo da cultura.

O uso de cobertura morta não proporcionou variações relevantes na qualidade dos frutos de melancia cv. Crimson Sweet. Dantas et al. (2013) avaliando Muching como cobertura do solo também não verificaram alterações significativas na qualidade de frutos de cv. Quetzale. Já o aumento nas doses de potássio elevou a acidez (Figura 4.15A) e reduzir o sabor doce (Figura 4.18) nos frutos de melancia. Diferentemente do observado por Gurgel et al. (2010), trabalhando com cultivares de melão em solo com teor médio de potássio ($0,23 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) não identificaram variações significativas com aplicação de até 450 kg ha^{-1} de K_2O .

Um fator também determinante é a associação entre o tamanho e a qualidade do fruto. Araújo Neto et al. (2000) avaliando frutos de melancia cv. Crimson Sweet observaram que os frutos de tamanho médio ($6,94 \pm 0,77 \text{ kg}$) e grande ($9,78 \pm 1,02 \text{ kg}$) são de melhor qualidade. Fato este que não ficou evidenciado no presente trabalho, mas destaca-se que os melhores frutos foram obtidos na primavera provavelmente devido as condições meteorológicas reinantes durante o cultivo.

4.5 CONCLUSÕES

No verão a melancieira foi mais produtiva que na primavera, com maior número de frutos e produção por planta, e maior produtividade;

Na colheita da primavera o sabor doce dos frutos foi maior que os frutos produzidos no verão;

A irrigação com água de $3,0 \text{ dS m}^{-1}$ de condutividade elétrica deve ser utilizada com moderação na cultura da melancieira, visto que não comprometeu a produtividade mas reduziu o tamanho e a doçura (aumento da acidez titulável e redução da relação entre sólidos solúveis e acidez titulável) dos frutos;

A aplicação de cloreto de potássio não é recomendada em solo com teor médio de potássio, pois reduziu o número de frutos por planta, a produtividade e o sabor doce (relação entre sólidos solúveis e acidez titulável) dos frutos de melancia;

O uso de cobertura morta é indicado no cultivo de melancieira, uma vez que aumentou o número de frutos e a produção por planta sem alterar a qualidade físico-química dos frutos.

4.6 REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G. et al. **Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Itália: FAO (Estudio FAO: Riego y Drenaje, 56), 2006. 298p.
- AMARAL, U. do et al. Influência da cobertura morta em mini melancia “Sugar baby” no início da frutificação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 164–170, 2016.
- ARAÚJO NETO, S. E. de et al. Qualidade e vida útil pós-colheita de melancia Crimson Sweet, comercializada em Mossoró. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 235–239, 2000.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A Qualidade da Água na Agricultura**. Campina Grande: FAO (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29), 1999. 153p.
- BRASIL. **I - Levantamento Exploratório - Reconhecimento de Solos do Estado do Paraíba; II- Interpretação para uso Agrícola dos Solos da Paraíba**. Rio de Janeiro: Convênio MA/CONTAP/USAID/BRASIL (Boletim Técnico, nº 15), 1972. 683p.
- BRUULSEMA, T.; LEMUNYON, J.; HERTZ, B. Fundamentos para utilização correta do seu fertilizante. **Informações Agronômicas**, v. 126, p. 15–18, 2009.
- CARMO, I. L. G. da S. et al. Desempenho agrônômico de cultivares de melancia no cerrado de Boa Vista, Roraima. **Revista Agro@mbiente**, v. 9, n. 3, p. 268–274, 2015.
- CARVALHO, J. F. de et al. Produtividade do repolho utilizando cobertura morta e diferentes intervalos de irrigação com água moderadamente salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 256–263, 2011.
- CASARIN, V.; STIPP, S. R. Quatro medidas corretas que levam ao uso eficiente dos fertilizantes. **Informações Agronômicas**, v. 142, p. 14–20, 2013.
- CAVALCANTI, F. J. de A. (Ed.). **Recomendações de adubação para o estado de pernambuco: 2ª aproximação**. 3ª ed. Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco, 2008. 212p.
- CECÍLIO FILHO, A. B.; GRANGEIRO, L. C. Produtividade da cultura da melancia em função de fontes e doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 561–569, 2004.
- CHEW, V. Statistical hypothesis testing: an academic exercise in futility. **Proceedings of the Florida State**, v. 90, n. 1, p. 214–215, 1977.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2005. 176p.
- CONEJO, J. G. L. (Ed.). **Panorama do Enquadramento dos Corpos d’Água do Brasil e Panorama da Qualidade das Águas Subterrâneas no Brasil**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2007. 124p.
- COSTA, A. R. F. C. da et al. Produção e qualidade de melancia cultivada com água de diferentes salinidades e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 947–954, 2013.
- DANTAS, M. S. M. et al. Rendimento e qualidade de melancia cultivada sob proteção de agrotêxtil combinado com mulching plástico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**

Ambiental, v. 17, n. 8, p. 824–829, 2013.

DONAGEMA, G. K. et al. (Eds.). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

FAOSTAT. **Crops**. Disponível em: <fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 28 jan. 2017.

FELTRIM, A. L. et al. Distancia entre plantas y dosis de nitrógeno y potasio en sandía sin semillas fertirrigada. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 46, n. 9, p. 985–991, 2011.

FERREIRA, V. M. et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da melancia na microrregião de Teresina, PI, Brasil. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 4, p. 488–494, 2015.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. 421p.

GURGEL, M. T. et al. Qualidade pós-colheita de variedades de melões produzidos sob estresse salino e doses de potássio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 398–405, 2010.

HUSSON, F.; LÊ, S.; PAGÈS, J. **Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R**. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 2010. 236p.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal: culturas temporárias e permanentes**. 42º ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. 45p.

IBGE. **Atlas Nacional Digital do Brasil**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/apps/atlas_nacional/>. Acesso em: 17 set. 2016.

IDEME. **Anuário Estatístico - Paraíba 2016**. João Pessoa: Instituto de Desenvolvimento Municipal e Estadual (IDEME), 2013. 3141p.

LIMA JUNIOR, J. A. de; LOPES, P. R. de A. Avaliação da cobertura do solo e métodos de irrigação na produção de melancia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 30, n. 2, p. 315–322, 2009.

MARSCHNER, P. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 3ª ed. San Diego: Elsevier®, 2012. 651p.

MINGOTI, S. A. **Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297p.

MIRANDA, F. R. de; MONTENEGRO, A. A. T.; OLIVEIRA, J. J. G. Produtividade da melancia irrigada por gotejamento em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 2, p. 158–162, 2005.

MONÇÃO, O. P. et al. Produtividade da cultura da melancia sob diferentes doses de potássio no município de Santa Rita de Cássia-BA. **Enciclopédia Bioesfera**, v. 8, n. 15, p. 1423–1431, 2012.

OLIVEIRA, J. B. de et al. Rendimento e qualidade de frutos de melancia em diferentes épocas de plantio. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 2, p. 19–25, 2015.

OVALLES, F. A.; COLLINS, M. E. Variability of northwest Florida soils by principal component analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v. 5, n. 8402, p. 1430–1435, 1988.

PATEL, A. D. et al. Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) in response to soil salinity. **Anales de Biología**, v. 32, n. 1, p. 59–71, 2010.

- PEARSON, E. S.; HARTLEY, H. **Biometrika Tables for Statisticians**. Cambridge: Un. Press., 1956. 238p.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15^a ed. Piracicaba: FEALQ, 2009. 451p.
- PRISCO, J. T.; GOMES FILHO, G. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C. F. de (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: estudos básicos e aplicados**. Fortaleza: INCTSal, 2010. p. 143–159.
- SANDRI, D.; PEREIRA, J. A.; VARGAS, R. B. Custos de produção e rentabilidade produtiva da melancia sob diferentes lâminas e sistemas de irrigação. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 414–429, 2014.
- SANTOS, F. J. S. et al. **Manejo da irrigação da melancia: uso do Tanque Classe “A”**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical (Circular Técnica, 20), 2004. 12p.
- SANTOS, H. G. et al. (Eds.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3^a ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353p.
- SAS. **Base SAS® 9.3 Procedures Guide: Statistical Procedures**. 2^a ed. Cary: SAS Institute Inc., 2012. 544p.
- SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. de A. Agrometeorologia dos cultivos. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed.). **Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. 1^a ed. Brasília: INMET, 2009. p. 3–12.
- SILVA, V. F. A. et al. Produção de melancia e teores de sólidos solúveis em resposta a adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 136–144, 2015a.
- SILVA, E. M. P. da et al. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da melancia em solo sob palhada e preparo convencional. **Irriga**, v. 20, n. 1, p. 154–164, 2015b.
- SILVA, M. G. O. da et al. Manejo de plantas daninhas na cultura da melancia nos sistemas de plantio direto e convencional. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 494–499, 2013.
- SILVA, V. P. R. da et al. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 131–138, 2011.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5^a ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- TEAM, R. C. **R: A language and environment for statistical computing** ViennaR Foundation for Statistical Computing, , 2016. Disponível em: <R-project.org>
- TEIXEIRA, A. H. de C. Relações entre os parâmetros agrometeorológicos e a cultura da melancia. In: LIMA, M. F. (Ed.). **Cultura da melancia**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 103–128.
- VAN RAIJ, B. **Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420p.
- VIDIGAL, S. M. et al. Crescimento e acúmulo de macro e micronutrientes pela melancia em solo arenoso. **Revista Ceres**, v. 56, n. 1, p. 112–118, 2009.
- VILELA, N. J.; COSTA, N. D.; LIMA, M. F. Situação da produção brasileira de melancia e principais desafios. In: LIMA, M. F. (Ed.). **Cultura da Melancia**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 13–34.
- ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Eds.). **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4^a ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p .

ZONG, L. et al. Effect of different irrigation water salinities on some yield and quality components of two field-grown Cucurbit species. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 35, n. 3, p. 297–307, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O potencial produtivo da cultura da melancia, como encontrado na presente pesquisa e na literatura científica, é superior as médias de produtividade paraibana (20,1 t ha⁻¹), brasileira (23,0 t ha⁻¹) e mundial (31,9 t ha⁻¹). Para obtenção de rendimentos satisfatórios, é essencial a avaliação dos fatores que afetam a cultura e a adoção de medidas de cultivo que mitiguem os estresses e melhorem o aproveitamento dos recursos disponíveis.

A época de cultivo foi determinante sobre os efeitos dos fatores estudados (condutividade elétrica da água de irrigação, cobertura morta do solo e adubação potássica), afetando conjuntamente os atributos químicos do solo, o comportamento fisiológico, nutricional, produtivo das plantas e a qualidade dos frutos de melancia cv. Crimson Sweet.

Na primavera, quando ocorreu maior necessidade de aplicação de água, observou-se maior salinização do Neossolo Regolítico devido à irrigação, com maior intensidade com o uso de água de maior condutividade elétrica (3,0 dS m⁻¹). Por isso, a irrigação com água de uso restrito à agricultura deve ser utilizada com moderação em épocas de maior demanda hídrica. O estresse às plantas nessa época também foi maior, como evidenciada pela menor eficiência quântica do fotossistema II, maior fluorescência inicial e máxima da clorofila *a*, maior índice de clorofila *b*, maior desequilíbrio nutricional e menor produção (número de frutos e produção por planta, e produtividade), mas com frutos com sabor mais doce.

O aumento da salinidade da água de irrigação de 0,3 dS m⁻¹ para 3,0 dS m⁻¹, além de intensificar a salinização do Neossolo Regolítico, aumentou os teores foliares de nitrogênio, manganês, sódio e diminuiu a condutância estomática, a transpiração, a concentração de ferro foliar nas plantas de melancia, o tamanho e a doçura (aumento da acidez titulável e redução da relação entre sólidos solúveis e acidez titulável) dos frutos, mas sem afetar a produtividade. Desta forma, a irrigação com água salina deve ser utilizada com moderação na cultura da melancia.

Em relação ao emprego de restos vegetais na cobertura do Neossolo Regolítico, não foram observadas alterações relevantes nos atributos químicos do solo e nas variáveis fisiológicas das plantas de melancia cv. Crimson Sweet. Mas, na nutrição das plantas seu efeito foi mais expressivo, com aumento do teor foliar de magnésio e diminuição do teor de boro, devendo-se ponderar seu uso em áreas irrigadas com água salina quando a necessidade de irrigação é elevada, como na primavera, pois aumentou o teor foliar de sódio. Mas, no geral, o

uso de cobertura morta é indicado no cultivo de melancia, uma vez que aumentou o número de frutos e a produção por planta, sem alterar a qualidade físico-química dos frutos.

A adubação com cloreto de potássio pode ser utilizado eficientemente para elevar os teores de potássio trocável e solúvel do solo, mas com reflexo negativo devido ao aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação do Neossolo Regolítico. O aumento no potássio no solo aumentou a clorofila, a concentração interna de gás carbônico, a condutância estomática, a transpiração, os teores foliares de fósforo, potássio, zinco, manganês e diminuiu os de nitrogênio, cálcio, magnésio e ferro. Assim, a aplicação de cloreto de potássio não é recomendada em Neossolo Regolítico com teor médio de potássio, pois nas condições em que a pesquisa foi realizada observou-se redução no número de frutos por planta, na produtividade e no sabor doce (relação entre sólidos solúveis e acidez titulável) dos frutos de melancia.

ANEXOS

Tabela A.1 Valores médio, variância, coeficiente de variação e ajuste a distribuição normal dos elementos minerais nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e Na (Na), em g kg⁻¹, cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn) e boro (B), em mg kg⁻¹, em folhas de populações de plantas de melancia cv. Crimson Sweet

População de Baixa Produção ¹					População de Referência ²				
Nutriente	Média	S ²	CV (%)	Distribuição ³	Nutriente	Média	S ²	CV (%)	Distribuição ³
N	47,06	72,1	18,04	ns	N	52,58	52,2	13,74	*
P	3,431	0,22	13,75	ns	P	3,58	0,18	12,01	ns
K	25,44	19,8	17,49	ns	K	28,58	26,5	18,02	ns
Ca	30,43	46,1	22,3	ns	Ca	28,51	36,3	21,13	ns
Mg	6,309	1,24	17,67	*	Mg	6,205	0,81	14,53	*
S	2,84	0,27	18,31	*	S	2,876	0,07	9,39	ns
Na	2,307	2,17	63,93	*	Na	1,822	0,8	49,03	*
Cu	11,6	4,98	19,24	ns	Cu	11,6	2,87	14,59	ns
Fe	112,1	787	25,03	*	Fe	109,8	259	14,67	ns
Zn	127,8	4828	54,36	ns	Zn	75,63	5137	94,77	*
Mn	107,1	2077	42,56	ns	Mn	73,24	1483	52,57	*
B	124,3	3289	46,13	ns	B	89,73	2887	59,88	*

¹População de baixa produtividade (< 30 t ha⁻¹), de tamanho 40 (n), com média de 22,7 t ha⁻¹, variância (S²) de 18,79, coeficiente de variação (CV) de 19,14% e com distribuição normal;

²População com produção de referência (≥ 30 t ha⁻¹), de tamanho 56 (n), com média de 39,7 t ha⁻¹, variância (S²) de 48,32, coeficiente de variação (CV) de 17,52% e com distribuição normal;

³Comparação da distribuição dos dados a distribuição de normal (Gauss) pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (D > 0,05).

Tabela A.2 Valores médio, variância, coeficiente de variação e ajuste a distribuição normal das relações entre os elementos minerais nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), sódio (Na), boro (B) em folhas de populações de plantas de melancia cv. Crimson Sweet para primeira aproximação das normas DRIS

População de Baixa Produção ¹					População de Referência ²						
Relação	Média	S _b ²	CV (%)	Dist. ³	Relação	Média	S _r ²	CV (%)	Dist. ³	S _b ² /S _a ²	E ⁴
N/P	13,91	7,9948	20,32	*	N/P	14,82	4,7753	14,75	ns	1,67	
P/N	0,08	0,0003	23,52	*	P/N	0,07	0,0001	17,23	ns	2,21	X
N/K	1,88	0,1457	20,27	ns	N/K	1,87	0,0758	14,71	ns	1,92	X
K/N	0,55	0,0140	21,38	ns	K/N	0,55	0,0078	16,13	*	1,80	
N/Ca	1,65	0,3389	35,19	ns	N/Ca	1,94	0,3050	28,41	ns	1,11	
Ca/N	0,68	0,0538	34,24	ns	Ca/N	0,56	0,0262	29,08	*	2,05	X
N/Mg	7,64	3,0716	22,94	ns	N/Mg	8,58	1,8946	16,05	ns	1,62	
Mg/N	0,14	0,0014	26,64	*	Mg/N	0,12	0,0004	16,42	ns	3,55	X
N/S	17,14	21,4647	27,03	ns	N/S	18,41	7,8021	15,17	ns	2,75	
S/N	0,06	0,0003	29,41	*	S/N	0,06	0,0001	18,39	*	3,24	X
N/Cu	0,43	0,0163	30,02	ns	N/Cu	0,47	0,0110	22,51	ns	1,48	
Cu/N	2,58	0,6842	32,05	ns	Cu/N	2,27	0,3011	24,20	*	2,27	X
N/Fe	0,04	0,0001	27,67	ns	N/Fe	0,05	0,0001	15,85	ns	2,53	
Fe/N	24,83	75,5171	35,00	*	Fe/N	21,17	14,0254	17,69	*	5,38	X
N/Zn	0,06	0,0020	80,18	*	N/Zn	0,12	0,0031	48,31	*	0,65	
Zn/N	28,99	359,96	65,44	ns	Zn/N	15,86	282,74	106,04	*	1,27	X
N/Mn	0,06	0,0011	59,23	*	N/Mn	0,09	0,0012	40,04	*	0,88	
Mn/N	24,26	173,08	54,24	ns	Mn/N	14,78	90,29	64,29	*	1,92	X
N/Na	30,82	489,35	71,78	*	N/Na	35,83	316,68	49,66	*	1,55	
Na/N	0,05	0,0011	64,79	*	Na/N	0,04	0,0003	52,08	*	3,11	X
N/B	0,05	0,0005	48,61	ns	N/B	0,07	0,0007	36,11	*	0,78	
B/N	28,04	293,09	61,05	*	B/N	17,97	166,64	71,82	*	1,76	X
P/K	0,14	0,0004	14,31	ns	P/K	0,13	0,0004	15,39	ns	0,99	X
K/P	7,46	1,2568	15,03	ns	K/P	8,01	1,5536	15,57	ns	0,81	
P/Ca	0,12	0,0014	31,36	*	P/Ca	0,13	0,0017	31,05	*	0,83	
Ca/P	9,07	6,2009	27,47	ns	Ca/P	8,15	5,1945	27,97	ns	1,19	X
P/Mg	0,56	0,0104	18,33	ns	P/Mg	0,59	0,0089	16,13	ns	1,16	
Mg/P	1,86	0,1269	19,11	*	Mg/P	1,75	0,0860	16,73	ns	1,48	X
P/S	1,23	0,0543	18,87	ns	P/S	1,25	0,0270	13,12	ns	2,01	X
S/P	0,84	0,0211	17,39	ns	S/P	0,81	0,0112	13,02	ns	1,89	

Continua ...

População de Baixa Produção ¹					População de Referência ²						
Relação	Média	S _b ²	CV (%)	Dist. ³	Relação	Média	S _r ²	CV (%)	Dist. ³	S _b ² /S _a ²	E ⁴
... continuação											
P/Cu	0,03	0,0000440	21,73	ns	P/Cu	0,03	0,0000305	17,56	ns	1,44	X
Cu/P	34,26	54,7832	21,60	*	Cu/P	32,90	44,5818	20,29	*	1,23	
P/Fe	0,0032	0,0000003	17,94	ns	P/Fe	0,0033	0,0000002	13,44	ns	1,64	
Fe/P	329,04	7700,56	26,67	*	Fe/P	308,64	1962,40	14,35	ns	3,92	X
P/Zn	0,0040	0,0000096	76,63	*	P/Zn	0,0078	0,0000129	46,06	*	0,74	
Zn/P	382,75	47398,65	56,88	ns	Zn/P	229,58	60300,90	106,96	*	0,79	X
P/Mn	0,0040	0,0000	55,36	*	P/Mn	0,0060	0,0000	40,31	*	0,83	
Mn/P	320,11	22561,36	46,92	*	Mn/P	215,41	18946,36	63,90	*	1,19	X
P/Na	2,30	2,8828	73,91	*	P/Na	2,41	1,1944	45,34	*	2,41	
Na/P	0,69	0,2008	64,96	ns	Na/P	0,51	0,0677	50,78	*	2,97	X
P/B	0,0034	0,0000030	50,69	*	P/B	0,0048	0,0000030	35,95	ns	1,00	
B/P	374,62	38217,84	52,18	*	B/P	262,06	36024,25	72,43	*	1,06	X
K/Ca	0,90	0,1238	39,02	*	K/Ca	1,07	0,1277	33,52	ns	0,97	
Ca/K	1,25	0,1542	31,48	ns	Ca/K	1,04	0,1193	33,08	ns	1,29	X
K/Mg	4,13	0,8327	22,11	ns	K/Mg	4,67	0,9292	20,65	ns	0,90	
Mg/K	0,25	0,0035	23,24	ns	Mg/K	0,22	0,0020	20,04	ns	1,75	X
K/S	9,26	6,2255	26,96	*	K/S	9,99	3,5382	18,84	ns	1,76	
S/K	0,12	0,0008	24,88	ns	S/K	0,10	0,0004	18,46	ns	2,24	X
K/Cu	0,23	0,0046	29,67	*	K/Cu	0,25	0,0038	24,49	ns	1,21	
Cu/K	4,71	1,6763	27,46	ns	Cu/K	4,22	1,3046	27,06	*	1,28	X
K/Fe	0,02	0,0000	24,58	ns	K/Fe	0,03	0,0000	19,54	ns	1,28	
Fe/K	45,34	235,53	33,85	*	Fe/K	39,42	71,7654	21,49	*	3,28	X
K/Zn	0,03	0,0008	87,95	*	K/Zn	0,06	0,0010	50,39	*	0,74	
Zn/K	52,94	916,51	57,19	ns	Zn/K	30,25	1058,41	107,53	*	0,87	X
K/Mn	0,03	0,0004	65,04	*	K/Mn	0,05	0,0005	46,51	*	0,76	
Mn/K	44,08	428,24	46,95	ns	Mn/K	28,07	356,01	67,22	*	1,20	X
K/Na	17,20	172,06	76,26	*	K/Na	19,52	96,55	50,33	ns	1,78	
Na/K	0,09	0,0041	67,67	*	Na/K	0,07	0,0016	59,41	*	2,62	X
K/B	0,03	0,0002	53,06	*	K/B	0,04	0,0002	40,12	ns	0,75	
B/K	50,81	640,36	49,80	ns	B/K	33,56	542,46	69,40	*	1,18	X
Ca/Mg	4,87	1,0303	20,86	ns	Ca/Mg	4,64	1,0720	22,30	ns	0,96	
Mg/Ca	0,22	0,0029	24,94	ns	Mg/Ca	0,23	0,0028	23,53	ns	1,02	X
Ca/S	10,96	7,4592	24,92	ns	Ca/S	9,99	5,2863	23,02	ns	1,41	X
S/Ca	0,10	0,0010	31,60	*	S/Ca	0,11	0,0007	25,17	*	1,36	
Ca/Cu	0,27	0,0050	26,21	ns	Ca/Cu	0,25	0,0035	23,72	ns	1,42	X
Cu/Ca	3,99	1,2595	28,14	*	Cu/Ca	4,24	1,0747	24,43	ns	1,17	

Continua ...

População de Baixa Produção ¹					População de Referência ²						
Relação	Média	S _b ²	CV (%)	Dist. ³	Relação	Média	S _r ²	CV (%)	Dist. ³	S _b ² /S _a ²	E ⁴
... continuação											
Ca/Fe	0,03	0,0000473	24,59	ns	Ca/Fe	0,03	0,0000507	26,82	ns	0,93	X
Fe/Ca	38,11	105,66	26,97	ns	Fe/Ca	40,48	126,73	27,81	*	0,83	
Ca/Zn	0,03	0,0005	63,71	*	Ca/Zn	0,06	0,0007	45,93	*	0,63	
Zn/Ca	43,35	727,75	62,23	*	Zn/Ca	25,75	445,77	82,00	*	1,63	X
Ca/Mn	0,03	0,0002	40,92	*	Ca/Mn	0,04	0,0002	30,77	ns	0,98	
Mn/Ca	35,92	272,24	45,94	ns	Mn/Ca	25,48	117,21	42,48	*	2,32	X
Ca/Na	19,40	166,60	66,54	*	Ca/Na	19,39	118,18	56,05	*	1,41	
Na/Ca	0,08	0,0023	62,24	*	Na/Ca	0,07	0,0009	46,67	ns	2,48	X
Ca/B	0,03	0,0003	54,57	*	Ca/B	0,04	0,0002	34,60	ns	1,61	
B/Ca	43,01	604,63	57,17	*	B/Ca	31,73	257,87	50,61	*	2,34	X
Mg/S	2,28	0,2828	23,29	ns	Mg/S	2,17	0,1121	15,42	ns	2,52	X
S/Mg	0,46	0,0112	22,94	ns	S/Mg	0,47	0,0047	14,57	ns	2,38	
Mg/Cu	0,06	0,0002	23,70	*	Mg/Cu	0,05	0,0002	22,83	*	1,13	
Cu/Mg	18,76	18,0962	22,67	ns	Cu/Mg	19,09	15,4977	20,62	ns	1,17	X
Mg/Fe	0,01	0,0000015	21,20	ns	Mg/Fe	0,01	0,0000011	17,88	ns	1,45	
Fe/Mg	180,25	2179,73	25,90	*	Fe/Mg	179,39	984,46	17,49	ns	2,21	X
Mg/Zn	0,01	0,0000	72,68	*	Mg/Zn	0,01	0,0000	48,63	*	0,64	
Zn/Mg	206,71	14065,34	57,37	ns	Zn/Mg	128,54	16336,12	99,44	*	0,86	X
Mg/Mn	0,01	0,0000127	49,76	*	Mg/Mn	0,01	0,0000152	38,09	*	0,83	
Mn/Mg	172,45	5880,20	44,47	*	Mn/Mg	121,88	4943,16	57,68	*	1,19	X
Mg/Na	4,31	11,5140	78,73	*	Mg/Na	4,24	4,5674	50,45	*	2,52	X
Na/Mg	0,38	0,0575	63,20	*	Na/Mg	0,30	0,0242	51,94	ns	2,38	
Mg/B	0,01	0,0000087	47,46	ns	Mg/B	0,01	0,0000098	37,54	ns	0,88	
B/Mg	204,43	11850,67	53,25	*	B/Mg	149,69	9568,90	65,35	*	1,24	X
S/Cu	0,02	0,0000159	16,05	ns	S/Cu	0,03	0,0000146	15,17	ns	1,09	X
Cu/S	41,21	41,6194	15,66	ns	Cu/S	40,59	42,0233	15,97	*	0,99	
S/Fe	0,0026	0,0000002	18,89	ns	S/Fe	0,0027	0,0000001	13,30	ns	1,95	
Fe/S	399,32	8736,52	23,41	*	Fe/S	383,40	3515,95	15,47	*	2,48	X
S/Zn	0,0031	0,0000044	66,68	*	S/Zn	0,0062	0,0000079	45,52	*	0,56	
Zn/S	448,24	55562,69	52,59	ns	Zn/S	270,79	68773,97	96,85	*	0,81	X
S/Mn	0,0032	0,0000025	49,98	*	S/Mn	0,0047	0,0000029	35,86	*	0,88	
Mn/S	376,92	22058,60	39,40	ns	Mn/S	258,75	20455,13	55,27	*	1,08	X
S/Na	1,87	1,9884	75,44	*	S/Na	1,96	0,9029	48,39	*	2,20	
Na/S	0,83	0,2907	65,00	*	Na/S	0,64	0,1164	53,07	*	2,50	X
S/B	0,0028	0,0000019	49,66	*	S/B	0,0038	0,0000016	33,11	ns	1,17	X
B/S	444,63	40671,34	45,36	*	B/S	315,93	37721,11	61,47	*	1,08	

Continua ...

População de Baixa Produção ¹					População de Referência ²						
Relação	Média	S _b ²	CV (%)	Dist. ³	Relação	Média	S _r ²	CV (%)	Dist. ³	S _b ² /S _a ²	E ⁴
... continuação											
Cu/Fe	0,11	0,0004	18,29	ns	Cu/Fe	0,11	0,0004	18,11	ns	1,00	
Fe/Cu	9,75	3,4679	19,10	ns	Fe/Cu	9,60	2,7456	17,25	ns	1,26	X
Cu/Zn	0,12	0,0058	61,76	*	Cu/Zn	0,24	0,0107	43,13	*	0,55	
Zn/Cu	10,60	22,0709	44,33	ns	Zn/Cu	6,24	26,3454	82,27	*	0,84	X
Cu/Mn	0,13	0,0025	39,99	*	Cu/Mn	0,19	0,0041	34,38	ns	0,61	
Mn/Cu	9,01	8,2646	31,92	ns	Mn/Cu	6,22	7,0320	42,62	*	1,18	X
Cu/Na	75,57	2429,15	65,22	ns	Cu/Na	79,80	1939,70	55,19	*	1,25	
Na/Cu	0,02	0,0002	73,35	*	Na/Cu	0,02	0,0001	51,59	*	3,47	X
Cu/B	0,11	0,0022	42,57	ns	Cu/B	0,15	0,0024	32,43	ns	0,90	
B/Cu	10,58	15,5814	37,30	ns	B/Cu	7,60	12,7361	46,97	*	1,22	X
Fe/Zn	1,27	0,8846	74,09	*	Fe/Zn	2,37	1,2103	46,38	*	0,73	
Zn/Fe	1,17	0,4353	56,25	ns	Zn/Fe	0,73	0,5617	102,05	*	0,77	X
Fe/Mn	1,25	0,3986	50,48	*	Fe/Mn	1,81	0,4892	38,55	ns	0,81	
Mn/Fe	0,98	0,1723	42,53	ns	Mn/Fe	0,69	0,1681	59,15	*	1,02	X
Fe/Na	736,68	273221,3	70,95	ns	Fe/Na	750,35	155069,3	52,48	*	1,76	
Na/Fe	0,0022	0,000002	71,19	*	Na/Fe	0,0017	0,000001	49,53	ns	3,47	X
Fe/B	1,08	0,2822	49,08	ns	Fe/B	1,48	0,3588	40,46	ns	0,79	
B/Fe	1,15	0,3493	51,25	*	B/Fe	0,85	0,2933	64,04	*	1,19	X
Zn/Mn	1,13	0,0654	22,56	ns	Zn/Mn	0,90	0,1114	36,98	*	0,59	X
Mn/Zn	0,93	0,0569	25,57	*	Mn/Zn	1,24	0,1563	31,78	ns	0,36	
Zn/Na	783,69	389471,5	79,63	*	Zn/Na	575,49	734168,1	148,89	*	0,53	
Na/Zn	0,0026	0,000007	99,52	*	Na/Zn	0,0038	0,000005	60,93	ns	1,19	X
Zn/B	1,06	0,2789	49,90	*	Zn/B	0,80	0,2747	65,32	*	1,02	X
B/Zn	1,16	0,2776	45,37	*	B/Zn	1,59	0,3574	37,71	ns	0,78	
Mn/Na	663,58	211925,9	69,37	ns	Mn/Na	533,78	285605,7	100,12	*	0,74	
Na/Mn	0,0026	0,000005	87,55	*	Na/Mn	0,0030	0,000003	55,95	ns	1,89	X
Mn/B	0,92	0,1593	43,35	*	Mn/B	0,87	0,1339	42,05	*	1,19	X
B/Mn	1,22	0,1276	29,31	ns	B/Mn	1,28	0,1353	28,73	ns	0,94	
Na/B	0,0023	0,000005	95,49	*	Na/B	0,0023	0,000001	42,91	ns	4,81	X
B/Na	761,40	231708,3	63,22	ns	B/Na	664,74	681316,9	124,17	*	0,34	

¹População de baixa produtividade (< 30 t ha⁻¹), de tamanho 40 (n), com média de 22,7 t ha⁻¹, variância (S²) de 18,79, coeficiente de variação (CV) de 19,14% e com distribuição normal;

²População com produção de referência (≥ 30 t ha⁻¹), de tamanho 56 (n), com média de 39,7 t ha⁻¹, variância (S²) de 48,32, coeficiente de variação (CV) de 17,52% e com distribuição normal;

³Comparação da distribuição dos dados a distribuição de normal (Gauss) pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (D > 0,05);

⁴E – relações escolhidas (X).